ISSN 26867591
DOI 10.52671/26867591_2026_1

0+



Известия Дагестанского ГАУ

Daghestan GAU Proceedings

Дагестанский государственный аграрный университет
им. М.М. Джамбулатова

M.M. Dzhambulatov
Daghestan State Agrarian University

Выпуск № 1 (29)

МАХАЧКАЛА
2026

ИЗВЕСТИЯ ДАГЕСТАНСКОГО ГАУ

ЭЛЕКТРОННЫЙ НАУЧНЫЙ ПОЛИТЕМАТИЧЕСКИЙ СЕТЕВОЙ ЖУРНАЛ
ДАГЕСТАНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АГРАРНОГО УНИВЕРСИТЕТА
ИМЕНИ М.М. ДЖАМБУЛАТОВА

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.
Уведомление о выдаче выписки из реестра зарегистрированных СМИ
Рег. № Эл№ФС77-74011 от 29 октября 2018 г.

Основан в 2019 году
4 номера в год
1 номер в квартал

выпуск
2026 - №1 (29)

Сообщаются результаты экспериментальных, теоретических и методических исследований по следующим профильным направлениям:

4.1. – Агрономия, лесное и водное хозяйство (сельскохозяйственные науки)
4.1.1. Общее земледелие и растениеводство (сельскохозяйственные науки)
4.1.1. Общее земледелие и растениеводство (биологические науки)
4.1.4. Садоводство, овощеводство, виноградарство и лекарственные культуры (сельскохозяйственные науки)
4.1.4. Садоводство, овощеводство, виноградарство и лекарственные культуры (биологические науки)
4.1.4. Садоводство, овощеводство, виноградарство и лекарственные культуры (технические науки)

4.2. – Зоотехния и ветеринария (сельскохозяйственные науки)
4.2.3. Инфекционные болезни и иммунология животных (ветеринарные науки)
4.2.3. Инфекционные болезни и иммунология животных (биологические науки)
4.2.4. Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов и производства продукции животноводства (сельскохозяйственные науки)
4.2.4. Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов и производства продукции животноводства (биологические науки)

4.3. – Агроинженерия и пищевые технологии (сельсохозяйственные науки)
4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки)
4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (сельскохозяйственные науки)
4.3.3. Пищевые системы (технические науки)

Журнал включен в перечень рецензируемых научных изданий ВАК (под № 1313 на 17.02.2026 г., с 13.10.2022 г.) в базу научного цитирования РИНЦ, размещен на сайтах: ej-daggau.ru; даггау.рф; elibrary.ru. Всем номерам и статьям журнала присваивается международный цифровой идентификатор объекта DOI (digital object identifier).

© ФГБОУ ВО Дагестанский ГАУ, 2026

Махачкала 2026

ИЗВЕСТИЯ ДАГЕСТАНСКОГО ГАУ
(Dagestan GAU Proceedings)

ЭЛЕКТРОННЫЙ НАУЧНЫЙ ПОЛИТЕМАТИЧЕСКИЙ СЕТЕВОЙ ЖУРНАЛ
ДАГЕСТАНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АГРАРНОГО УНИВЕРСИТЕТА ИМЕНИ М.М.ДЖАМБУЛАТОВА

Учредитель журнала: ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный аграрный университет имени М.М. Джамбулатова» МСХ РФ.

Издается с 2019 г. Периодичность – 4 номера в год (1 номер в квартал)

Адрес учредителя:

367032, Россия, РД, г. Махачкала, ул. М. Гаджиева, 180. Дагестанский ГАУ.

Тел./факс: (8722) 67-92-44; 89604145018; 89298815477; **E-mail:** daggau@list.ru; **Web-сайт:** https://даггау.рф

Редакционный совет:

- Батукаев Абдулмалик Абдулхамидович – председатель, д-р с.-х. наук, профессор (г. Грозный, ФГБОУ ВО «Чеченский государственный университет им. Ахмата Абдулкадыровича Кадырова).
- Шекихачев Юрий Ахметханович – д-р техн. наук, профессор, заслуженный деятель науки КБР, академик международной академии аграрного образования, член-корреспондент Адыгской Международной академии наук (г. Нальчик, ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ им. В.М. Кокова).
- Причко Татьяна Григорьевна – д-р с.-х. наук, профессор, заслуженный деятель науки Кубани (г. Краснодар, ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства и виноделия»).
- Рындин Алексей Владимирович – д-р с.-х. наук, академик РАН, профессор, директор (г. Сочи, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный исследовательский центр «Субтропический научный центр российской академии наук»).
- Омаров Магомед Джамалутдинович – д-р с.-х. наук, профессор, главный научный сотрудник отдела субтропических и южных плодовых культур. (г. Сочи, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный исследовательский центр «Субтропический научный центр Российской академии наук»).
- Овчинников Алексей Семенович – д-р с.-х. наук, профессор (г. Волгоград, «Волгоградский государственный аграрный университет», профессор, зав. кафедрой "Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование").
- Плескачев Юрий Николаевич – д-р с.-х. наук, профессор (г. Москва, ФГБНУ Федеральный исследовательский центр «Немчиновка». Должность – руководитель научного направления центра по земледелию).
- Виноградов Дмитрий Валериевич – д-р биол. наук, профессор, Почетный работник агропромышленного комплекса России (г.Рязань, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», советник ректора, профессор заведующий кафедрой агрономии и агротехнологий.)
- Рустамова Сиала Исмаил кызы – д-р философии аграрных наук (Директор Ветеринарного Научно-Исследовательского Института при Министерстве Сельского хозяйства Азербайджанской Республики, г. Баку)
- Будулов Нурудин Рагимханович – д-р ветеринар. наук, профессор (Прикаспийский зональный научно-исследовательский ветеринарный институт, Федеральный аграрный научный центр Республики Дагестан, д-р ветеринар. наук, заведующий лабораторией вирусологии, г. Махачкала)
- Раджабов Фарход Меликбоевич – д-р с.-х. наук, профессор (Таджикский аграрный университет имени Шириншох Шотемур, профессор, заведующий кафедрой технологии переработки продуктов животноводства и кормления сельскохозяйственных животных)

Редакционная коллегия:

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР – д-р с.-х. наук, профессор Исригова Т.А.
Зам. главного редактора – д-р с.-х. наук, профессор Мукаилов М.Д.

- Фаталиев Н.Г. – д-р техн. наук, профессор
- Ахмедов М.Э. – д-р техн. наук, профессор
- Салманов М.М. – д-р с.-х. наук, профессор
- Ахмедханова Р.Р. – д-р с.-х. наук, профессор
- Халилов М. Б. – д-р с.-х. наук, доцент
- Мусиев Д. Г. – д-р вет. наук, профессор
- Алигазиева П. А. – д-р с.-х. наук, профессор
- **Селимова У.А. – канд. с.-х. наук, доцент, ответственный редактор**

Адрес издателя и редакции:
367032, Россия, РД, г. Махачкала, ул. М. Гаджиева, 180. ФГБОУ ВО Дагестанский ГАУ.
Тел./факс: (8722) 67-92-44; 89604145018; 89298815477; **E-mail:** isrigova@mail.ru

© ФГБОУ ВО Дагестанский ГАУ, 2026

СОДЕРЖАНИЕ

АГРОНОМИЯ, ЛЕСНОЕ И ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО (сельскохозяйственные, биологические, технические науки)	
АБДУЛВАЛЕЕВ Р.Р., ВАТРАКШИНА Е.Г., АХИЯРОВ Б.Г., ВАТРАКШИН С.Н., ЧЕРКАШИНА А.Г. - ИЗМЕНЧИВОСТЬ СТРУКТУРЫ УРОЖАЯ ГОРОХА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИМЕНЕНИЯ БИОПРЕПАРАТОВ НА ЧАСТЯХ СКЛОНА	**10**
АБДУЛВАЛЕЕВА Г.Р., АХИЯРОВ Б.Г., АБДУЛВАЛЕЕВ Р.Р., АХИЯРОВА Л.М., ЧЕРКАШИНА А.Г. - ПРОДУКТИВНОСТЬ КУКУРУЗЫ ГИБРИДА ШИХАН В УСЛОВИЯХ БУГУЛЬМИНСКО-БЕЛЕБЕЕВСКОЙ ПЛАТООБРАЗНОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ НОРМЫ ВЫСЕВА И ЭКСПОЗИЦИИ СКЛОНА	**18**
АСТАРХАНОВА Т С., АСТАРХАНОВ И. Р., ТЕРЕНТЬЕВА Т. С. - ОЦЕНКА ИНСЕКТИЦИДНОЙ АКТИВНОСТИ КОМПОЗИЦИИ НА ОСНОВЕ ЛИМОНЕНА И МАТРИНА ПРОТИВ ТЛИ (*APHIDOIDEA*)	**26**
БАХМУДОВ Р.Б. - ЗАСОРЕННОСТЬ И КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА РАЗМЕЩЕНИЯ СОРНЫХ РАСТЕНИЙ В ПОСЕВАХ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ В УСЛОВИЯХ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ	**30**
БОЧКАРЕВ Е.А. - БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КЛОНОВЫХ ПОДВОЕВ ЯБЛОНИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИЗУЧЕНИЯ В МАТОЧНИКЕ	**35**
БОЧКАРЕВ Е.А. - ДИНАМИКА РОСТА ОТВОДКОВ КАРЛИКОВЫХ КЛОНОВЫХ ПОДВОЕВ ЯБЛОНИ В МАТОЧНИКЕ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ОТВОДКОВ	**42**
ДЖАНАЕВ Р.Б., МАГОМЕДОВА Д.С., КУРБАНОВ С.А. - УРОЖАЙНОСТЬ ГИБРИДОВ КУКУРУЗЫ В РЕСПУБЛИКЕ ДАГЕСТАН В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ УДОБРЕНИЙ	**49**
ДЗАРМОТОВ С.И., ХАМХОЕВ Б.И., ХАШАГУЛЬГОВ У.А., ДЗАРМОТОВА З.И., ДЗАРМОТОВ М.Б. - РАЗРАБОТКА КОМБИНИРОВАННОГО АГРЕГАТА ДЛЯ МЕЖДУРЯДНОЙ ОБРАБОТКИ КАРТОФЕЛЯ С ЛОКАЛИЗОВАННЫМ ВНЕСЕНИЕМ ГЕРБИЦИДОВ	**54**
ДУДАЕВА А.С., БАТАШОВ Т.А., МЕХТИЕВ А.А., БАТУКАЕВ М.С. - УСКОРЕНИЕ РИЗОГЕНЕЗА У ЧЕРЕНКУЕМЫХ IN VITRO ОДНОГЛАЗКОВЫХ ЭКСПЛАНТОВ ВИНОГРАДА	**58**
ЕФРЕМОВА И.Г., КИБАЛЬНИК О.П., СЕМИН Д.С. - ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОЛЛЕКЦИИ МИРОВЫХ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ВИР В СЕЛЕКЦИИ ВЫСОКОПРОДУКТИВНЫХ СОРТОВ И ГИБРИДОВ ЗЕРНОВОГО СОРГО ДЛЯ ЗАСУШЛИВЫХ РЕГИОНОВ РФ	**62**
ИСМАИЛОВ И.С., МУСТАФАЕВ Г.М., КАРАЕВ М.К. - СОРТОИЗУЧЕНИЕ ЛУКА РЕПЧАТОГО В РАВНИННЫХ УСЛОВИЯХ СЕВЕРНОГО ДАГЕСТАНА	**69**
КУРБАНОВ С.А., МАГОМЕДОВ Н.Р., МАГОМЕДОВ Н.Н. - ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВЫРАЩИВАНИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ СОРТОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В РАВНИННОЙ ЗОНЕ ДАГЕСТАНА ПРИ ОРОШЕНИИ	**74**
КУРБАНОВ С.А., МАГОМЕДОВ Н. Н. - ВЛИЯНИЕ НОРМ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ПЕРСПЕКТИВНЫХ СОРТОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ ОРОШЕНИЯ ТЕРСКО-СУЛАКСКОЙ НИЗМЕННОСТИ	**80**
ЛЕЙМОЕВА А.Ю., ТАНГИЕВА Я.М., КАСИЕВА Л.Х., ГУМУКОВА Л.А. - ВЛИЯНИЕ УРОВНЯ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ ОЗИМОГО ЯЧМЕНЯ	**87**
МАГОМЕДОВ К. А., АСТАРХАНОВА Т.С. - БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ САХАРНОГО СОРГО ПРИ РАЗНЫХ ПРИЁМАХ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ	**93**
МАРТЫНОВА Н.А., СОРОКОПУДОВ В.Н., ЗАХАРОВА Н.Н. - ДРЕВЕСНЫЕ ЛЕКАРСТВЕННЫЕ РАСТЕНИЯ, ИНТРОДУЦИРУЕМЫЕ В КОЛЛЕКЦИИ НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ЦЕНТРА БОТАНИЧЕСКОГО САДА НИУ «БЕЛГУ»	**97**
НИДЖЛЯЕВА И.А., ОЧИРОВА Е.Н., МОРОЗ Н.Н., ТЮЛЮМДЖИЕВА О.С., ОЧИРОВ В.В. - ДЕЙСТВИЕ ФОСФОРНЫХ НЕКОРНЕВЫХ ПОДКОРМОК НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ АРИДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ	**104**
НИКОЛАЕВ Н.В., БУХАРИНА И.Л., ФЕДОРОВ А.В., ЛЕНТОЧКИН А.М., ЛЕКОНЦЕВА Т.Г. - ПРИМЕНЕНИЕ МИКОРИЗОФОРМИРУЮЩИХ ПРЕПАРАТОВ НА ЭТАПАХ АДАПТАЦИИ И ДОРАЩИВАНИЯ ПРИ КЛОНАЛЬНОМ МИКРОРАЗМНОЖЕНИИ *HYDRANGEA ARBORESCENS* L. НА ПРИМЕРЕ СОРТА PINK ANNABELLE	**108**
ОСМАНОВ Р. М., ГАМИДОВА Н. Х., ТАЖУДИНОВА З. Ш. - ИЗМЕНЧИВОСТЬ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ РЕДКИХ ВИДОВ РОДА *MATTHIOLA* AIT. ПРИ ИНТРОДУКЦИИ В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ	**115**
ПАВЛОВА О.А., СОРОКОПУДОВ В. Н. - ОЦЕНКА ФЕРТИЛЬНОСТИ ПЫЛЬЦЫ СОРТООБРАЗЦОВ ЗЕМЛЯНИКИ САДОВОЙ *(FRAGARIA × ANANASSA* DUCH.*)* В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕГО УРАЛА	**120**
СКОК А. В., ГОРОХОВЦЕВ А.О.,СОРОКОПУДОВ В. Н. - ФЕНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЯБЛОНИ ДОМАШНЕЙ 'NEVILLE COPEMAN' В УСЛОВИЯХ Г. ВОРОНЕЖА	**126**
ХАЛИЛОВА К.М., МАЛИКОВА Н.М., ХАЛИЛОВА М.М., ХАЛИЛОВ М.Б. - НОВЫЕ СОРТА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ	**132**
ЭРЖИБОВ А.Х., ХАНИЕВА И.М., БЕРБЕКОВ К.З., ШОНТУКОВ Э.З., ЕЗДЕМИР И.Е. - ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ПРОИЗВОДСТВА ЗЕМЛЯНИКИ В ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ СЕВЕРО-КАВКАЗСКОГО РЕГИОНА	**138**

ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ (сельскохозяйственные, ветеринарные, биологические науки)	
БАДОВА О.В., БУРЦЕВА Т.В., КУРОЧКИНА Н.Г. - СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СХЕМ ЛЕЧЕНИЯ КЕТОЗА У КОРОВ В УСЛОВИЯХ ИНТЕНСИВНОГО МОЛОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА	**145**
БАРАТОВ М.О., САКИДИБИРОВ О.П. - СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДОВ ЗАРАЖЕНИЯ МОРСКИХ СВИНОК ПРИ ДИАГНОСТИКЕ ТУБЕРКУЛЕЗА	**150**
ГОРШУНОВА С.В., СМИРНОВА Е.А., БУЗМАКОВА Н.А. - БИОТЕХНОЛОГИИ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРИМЕНЕНИЯ	**155**
ЗУБАИРОВА М.М., ГУНАШЕВ Ш.А. - ВОЗРАСТНАЯ ДИНАМИКА ЗАРАЖЕНИЯ ОВЕЦ ТРИХОСТРОНГИЛИДОЗАМИ НА ПАСТБИЩАХ РАВНИННОГО ПОЯСА ДАГЕСТАНА	**161**
КАРНАЕВ И.А., ШИХШАБЕКОВА Б.И. - РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПОЛИКУЛЬТУРЫ В ПРУДОВОМ ОСЕТРОВОДСТВЕ	**165**
ЛАШИН А.П., МАКСИМОВ Н.И., СЫРОВАТСКИЙ М.В. - ВЛИЯНИЕ ОСТАТКОВ ГЛУТАМИНОВОЙ КИСЛОТЫ НА ПОКАЗАТЕЛИ РОСТА, ПОТРЕБЛЕНИЕ КОРМА И БИОХИМИЧЕСКИЙ ПРОФИЛЬ СЫВОРОТКИ КРОВИ МЯСНОГО ПОГОЛОВЬЯ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА	**169**
МАКСИМОВ Н.И., СЫРОВАТСКИЙ М.В., БРУСНИК А.А. - ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ВКЛЮЧЕНИЯ ПРИРОДНЫХ КОРМОВЫХ ДОБАВОК В РАЦИОНЫ МОЛОДНЯКА МЯСНОГО НАПРАВЛЕНИЯ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА	**176**
СМИРНОВА Е.А., ГОРШУНОВА С.В., БУЗМАКОВА Н.А. - СОВРЕМЕННЫЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТОКСИЧНОСТИ ХИМИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ	**182**
АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ (сельскохозяйственные, технические науки)	
АХМЕДОВ М.Э., ДЕМИРОВА А.Ф., ИСРИГОВА Т.А., САЛМАНОВ М.М., КЕРИМХАНОВА Р.Н. - ИННОВАЦИОННЫЕ РЕЖИМЫ СТЕРИЛИЗАЦИИ КОМПОТА ИЗ ЧЕРЕШНИ В АВТОКЛАВАХ С ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫМ НАГРЕВОМ ПЛОДОВ В БАНКАХ НАСЫЩЕННЫМ ВОДЯНЫМ ПАРОМ И ДВУХСТУПЕНЧАТЫМ ОХЛАЖДЕНИЕМ	**190**
БЕСПАЛОВА О. В., СОКОЛОВ А. Ю. - ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА КОРМОВ ДЛЯ ЖИВОТНЫХ В ЭКОНОМИКЕ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ АПК	**196**
БОДРОВ А. Ю., КОЩИНА Е. И., НАФИКОВА А. Р., ИЛЛАРИОНОВА О. В., НИГМАТЗЯНОВ А. С. - ПРИМЕНЕНИЕ ДРОЖЖЕВЫХ КОМПОЗИЦИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ ОСТАТОЧНЫХ ПИВНЫХ ДРОЖЖЕЙ, В ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТАХ	**205**
ГАДЖИБАБАЕВ Г.Р. - НАДЕЖНОЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ – ГАРАНТИЯ УСТОЙЧИВОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ АПК	**215**
ГАЛУШКО А. О., ШАБАНОВА А. Е., ХАЙБУЛЛИНА А. Р., ЗИНИНА О. В., ВИШНЯКОВА Е. А. - РАЗРАБОТКА БИОРАЗЛАГАЕМЫХ ОСНОВ НА ПЕКТИНЕ	**221**
ГАНЕНКО С.В., ЛУКИН А.А., БУДИЛИН В.Н., СЕЛИМОВА У.А. - ЭФФЕКТИВНОСТЬ МЕТОДА ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ХОЛОДНОЙ ПЛАЗМОЙ ВНУТРЕННЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ТАРЫ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ И ТРАНСПОРТИРОВКИ ПИВА	**228**
ГРИЦЕНКО А.В., СТАРУНОВ А.В., ЛУКИН А.А., БУРЦЕВ А.Ю., ДРУЖКОВ К.К. - СИСТЕМА SCR ДВИГАТЕЛЯ АВТОТРАКТОРНОГО СРЕДСТВА И АНАЛИЗ ЕЕ ЭЛЕМЕНТОВ	**236**
ИБРАГИМОВА Л. Р. - БИОХИМИЧЕСКИЕ И ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ ПРИ ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКЕ	**243**
ИБРАГИМОВА Л. Р. - ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА САХАРОСОДЕРЖАЩЕЙ ПРОДУКЦИИ В ПИТАНИИ ДЕТЕЙ	**249**
ИСРИГОВА Т.А., ЛУКИН А.А., САЛМАНОВ М.М., ОМАРИЕВА Л.В., СЕЛИМОВА У.А., РАШИДОВА Р.А., АЛИГАЗИЕВА П.А. - МЕТОДЫ ЭКСТРАКЦИИ БИОАКТИВНЫХ КОМПОНЕНТОВ ИЗ ПЛОДОВ ГРАНАТА	**254**
ИСРИГОВА Т.А., ЛУКИН А.А., ШТРИККЕР Л.А., САЛМАНОВ М.М., СЕЛИМОВА У.А., ДАБУЗОВА Г.А., РАШИДОВА Р.А. - ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПЛОДОВ ГРАНАТА В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ	**261**
ИСРИГОВА Т.А., ЛУКИН А.А., ШТРИККЕР Л.А., ГАДЖИЕВ А.Г., ХИРИЕВ М.М. - АНАЛИЗ И КЛАССИФИКАЦИЯ ПРОТИРОЧНЫХ МАШИН, ПУТИ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА	**270**
ИСРИГОВА Т.А., ЛУКИН А.А., САЛМАНОВ М.М. - СОВРЕМЕННАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ МИКРОПЛАСТИКОВ В ПИЩЕВОЙ СОЛИ: МОРФОЛОГИЯ, СОСТАВ И ИСТОЧНИКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ	**276**
КАНАРЕЙКИНА С.Г., КАНАРЕЙКИН В.И., ГАРИПОВА А. Ф., САЛИХОВА Г.Г., САЛИХОВ А.Р. - СОСТАВ И КАЧЕСТВО НОВОГО МЯГКОГО СЫРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СЫВОРОТКИ	**284**
КОКИЕВА Г.Е., СТЕПАНОВА С.В., ОХЛОПКОВА М.К., ФЕДОРОВА А.Я., ПРОКОПЬЕВА С.И. - ТЕХНОЛОГИИ, МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ АПК	**290**

ЛАТЫПОВА Р.Р., БАЯЗИТОВА Н.Р., КОЩИНА Е.И., БАДАМШИНА Е.В., МАРТЫНОВ В.М. - ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МУКИ ИЗ ПРОРОЩЕННОГО ЗЕРНА ГРЕЧИХИ ПРИ ВЫРАБОТКЕ ИЗДЕЛИЙ ДЛИТЕЛЬНОГО ХРАНЕНИЯ	**295**
МАГОМЕДОВ Ф.М., МЕЛИКОВ И.М., АБАЧАРАЕВ И.М., ГАСАНОВА Э.С., МАГОМЕДОВА Н.Ф. - ОБКАТКА В ХОЛОДНОМ РЕЖИМЕ ДВИГАТЕЛЕЙ МОБИЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ПОСРЕДСТВОМ НЕЗАВИСИМОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДНОГО АГРЕГАТА	**300**
НАФИКОВА А.Р., КОЩИНА Е.И., НИГМАТЗЯНОВ А.С., БОДРОВ А.Ю., ИЛЛАРИОНОВА О.В. - ПРИМЕНЕНИЕ ПЛОДОВ КОСТЯНИКИ КАМЕНИСТОЙ (*RUBUS SAXATILIS* L.) В РЕЦЕПТУРАХ БЕЗАЛКОГОЛЬНЫХ НАПИТКОВ	**306**
ОДИНЦОВ Г.К., КАЛИНИНА И.В., ПАКИЧЕВ А.С. - РАЗРАБОТКА ХЛЕБЦЕВ ХРУСТЯЩИХ, ОБОГАЩЕННЫХ БЕТУЛИНОМ	**312**
ОТКОСОВА Т.В., МАЛЬЦЕВА В.Н.,ПИСКАРЕВА А. В., СУВОРОВ О.А. - СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПИЩЕВЫХ И АГРОБИОТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА: АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ	**318**
ПРИСЯЖНАЯ С.П., ПРИСЯЖНАЯ И.М., ПАНАСЮК А.Н., ЧУРИЛОВА К.С. - ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПОЛУЧЕНИЯ СЕМЯН СОИ ПРИ УБОРКЕ В КОМБАЙНЕ ДВУХФАЗНОГО ОБМОЛОТА	**323**
РАШИДОВА Р.А., ИСРИГОВА Т.А., САЛМАНОВ М.М., ЛУКИН А.А., СЕЛИМОВА У.А., МУСАЕВА Н.М. - ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ СУШКИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА И СОХРАННОСТИ ХУРМЫ	**329**
РОДИКОВ С.А., БОЛДЫРЕВ Д.О. - ВЛИЯНИЕ ПОСЛЕУБОРОЧНЫХ ОБРАБОТОК ЯБЛОК НА ТРАНСПИРАЦИЮ И ПОВЕРХНОСТНЫЙ ЗАГАР ВО ВРЕМЯ ХРАНЕНИЯ	**336**
СУЛЕЙМАНОВА З.Г., АХМЕДОВ М.Э., ДЕМИРОВА А.Ф., ИСРИГОВА Т.А., СЕЛИМОВА У.А. - СОЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ КОНСЕРВИРОВАННОГО КОМПОТА ИЗ ЯБЛОК С ПРИМЕНЕНИЕМ ИМПУЛЬСНО-ПАРОВОЙ БЛАНШИРОВКИ ПЛОДОВ В БАНКАХ 1-82-500 И СТЕРИЛИЗАЦИИ В АППАРАТАХ ОТКРЫТОГО ТИПА	**341**
СУЛЕЙМАНОВА З.Г., АХМЕДОВ М.Э., ДЕМИРОВА А.Ф., ГАДЖИЕВА А.М. - ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ТОМАТНОГО ПЮРЕ В СТЕКЛОБАНКЕ 1-82-3000 С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭМП СВЧ И ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ СТЕРИЛИЗАЦИИ В АППАРАТАХ ОТКРЫТОГО ТИПА	**346**
ТАРАН А.А., ФЕДОТОВА Н.А., ЖУКОВА Д.В., СУВОРОВ О.А. - “ОТ МИКРОБНОГО КОНСОРЦИУМА К ПОЛЕЗНОМУ НАПИТКУ - НАУЧНЫЕ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ТОВАРОВЕДЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ”	**351**
ФАТАЛИЕВ Н.Г. - МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ БУДУЩЕГО И ПРОЦЕССА СГОРАНИЯ РАБОЧЕЙ СМЕСИ	**357**
ХАЛИЛОВ М.Б., СУЛЕЙМАНОВ С.А., АБДУЛНАТИПОВ М.Г. - АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ И МАШИН ДЛЯ ЩЕЛЕВАНИЯ ПОЧВЫ	**362**
ХАМИЦАЕВА А.С., ЛОХОВА С.С., ЦАЛЛАЕВА Л.Б., ИСРИГОВА Т.А., ТЕДЕЕВА Ф.Л. - ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДИКОРАСТУЩИХ РАСТЕНИЙ	**367**
ЧЕКАУРОВА М.С., КОМОГОРЦЕВА П. А., ЛЕБЕДЕВ В. Д., АНДРЕЕВА А. А., СУВОРОВ О. А. - РОЛЬ ДИЕТЫ ПРИ ЗАБОЛЕВАНИЯХ, СВЯЗАННЫХ С НАРУШЕНИЯМИ ПУРИНОВОГО ОБМЕНА	**374**
ЯРАХМЕДОВА Д.А., ДЕМИРОВА А.Ф., АХМЕДОВ М.Э., ИСРИГОВА Т.А., АЛМАКСУДОВА К.К. - ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНАЯ СТУПЕНЧАТОЙ СТЕРИЛИЗАЦИИ КОМПОТА ИЗ АБРИКОСОВ В АППАРАТАХ ОТКРЫТОГО ТИПА С РЕЦИРКУЛЯЦИЕЙ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕЙ	**381**
АДРЕСА АВТОРОВ	**387**
ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ НАУЧНЫХ СТАТЕЙ «ИЗВЕСТИЯ ДАГЕСТАНСКОГО ГАУ»	**390**

СОДЕРЖАНИЕ
TABLE OF CONTENTS

AGRONOMY, FORESTRY AND WATER MANAGEMENT (agricultural, biological, technical sciences)	
ABDULVALEEV R.R., VATRAKSHINA E.G., AKHIYAROV B.G., VATRAKSHIN S.N., CHERKASHYNA A.G. - *VARIABILITY OF PEA YIELD STRUCTURE IN DEPENDENCE OF BIOPREPARATION APPLICATION ON PARTS OF SLOPE*	***10***
ABDULVALEEVA G.R., AKHIYAROV B.G., ABDULVALEEV R.R., AKHIYAROVA L.M., CHERKASHYNA A.G. - *PRODUCTIVITY OF SHIKHAN HYBRID CORN IN THE CONDITIONS OF THE BUGULMA-BELEBEEVSKAYA PLATEAU UPLIFT DEPENDING ON THE SEEDING RATE AND SLOPE EXPOSURE*	***18***
ASTARKHANOVA T. S., ASTARKHANOV I. R., TERENTYEVA T. S. - *ASSESSMENT OF INSECTICIDAL ACTIVITY OF A COMPOSITION BASED ON LIMONENE AND MATRINE AGAINST APHIDES (APHIDOIDEA)*	***26***
BAKHMUDOV R.B. - *WEEDINESS AND COMPLEX ASSESSMENT OF WEEDS DISTRIBUTION IN SPRING BARLEY CROPS IN THE LENINGRAD REGION*	***30***
BOCHKAREV E.A. - *BIOLOGICAL FEATURES OF APPLE CLONAL ROOTSTOCKS ACCORDING TO THE RESULTS OF STUDY IN THE MOTHER PLANTATION*	***35***

BOCHKAREV E.A. *- GROWTH DYNAMICS OF THE LAYERS OF DWARF CLONAL ROOTSTOCKS OF APPLE TREE IN VERTICAL LAYERING MOTHER PLANTATION*	***42***
DZHANAEV R.B., MAGOMEDOVA D.S., KURBANOV S.A. *- YIELD OF CORN HYBRIDS IN THE REPUBLIC OF DAGESTAN DEPENDING ON THE APPLICATION OF COMPLEX FERTILIZERS*	***49***
DZARMOTOV S.I., KHAMKHOEV B.I., KHASHAGULGOV U.A., DZARMOTOVA Z.I., DZARMOTOV M.B. *- DEVELOPMENT OF A COMBINED UNIT FOR INTER-ROW TILLAGE OF POTATO CROPS WITH LOCALIZED APPLICATION OF HERBICIDES*	***54***
DUDAEVA A.S., BATASHOV T.A., MEKHTIEV A. A., BATUKAEV M.S. *- ACCELERATION OF RHIZOGENESIS OF IN VITRO SINGLE-EYED GRAPE EXPLANTS*	***58***
EFREMOVA I.G., KIBALNIK O.P., SEMIN D.S. *- USE OF THE WORLD GENETIC RESOURCES COLLECTION OF VIR IN THE SELECTION OF HIGH-PRODUCTIVE GRAIN SORGHUM VARIETIES AND HYBRIDS FOR ARID REGIONS OF THE RUSSIAN FEDERATION*	***62***
ISMAILOV I.S., MUSTAFAEV G.M., KARAEV M.K. *- STUDY OF ONION VARIETY IN THE PLAIN CONDITIONS OF NORTHERN DAGESTAN*	***69***
KURBANOV S. A., MAGOMEDOV N. R., MAGOMEDOV N. N. *- THE EFFECTIVENESS OF GROWING PROMISING WINTER WHEAT VARIETIES IN THE LOWLAND ZONE OF DAGESTAN UNDER IRRIGATION*	***74***
KURBANOV S. A., MAGOMEDOV N. N. *- THE EFFECT OF MINERAL FERTILIZER STANDARDS ON THE PRODUCTIVITY OF PROMISING WINTER WHEAT VARIETIES UNDER IRRIGATION CONDITIONS IN THE TERSKO-SULAK LOWLAND*	***80***
LEIMOYEVA A.Yu., TANGIEVA Y.M., KASIEVA L.Kh., GUMUKOVA L.A. *- THE INFLUENCE OF MINERAL NUTRITION LEVELS ON WINTER BARLEY GROWTH AND DEVELOPMENT*	***87***
MAGOMEDOV K.A., ASTARKHANOVA T.S. *- BIOENERGETIC EFFICIENCY OF SUGAR SORGHUM UNDER DIFFERENT SOIL TREATMENT METHODS AND FERTILIZER APPLICATIONS*	***93***
MARTYNOVA N.A., SOROKOPUDOV V.N., ZAKHAROVA N.N. *- TREE MEDICINAL PLANTS INTRODUCED INTO THE COLLECTION OF THE SCIENTIFIC AND EDUCATIONAL CENTER OF THE BOTANICAL GARDEN OF BELSU BELGOROD*	***97***
NIDZHLYAEVA I.A., OCHIROVA E.N., MOROZ N.N., TYULUMDZHIEVA O.S., OCHIROV V.V. *- EFFECT OF PHOSPHORUS FOLIAR FEEDING ON THE PRODUCTIVITY OF SPRING WHEAT IN ARID TERRITORIES*	***104***
NIKOLAEV N.V., BUKHARINA I.L., FEDOROV A.V., LENTOCHKIN A.M., LEKONTSEVA T.G. *- APPLICATION OF MYCORRHIZA FORMING PREPARATIONS AT THE STAGES OF ADAPTATION AND GROWTH IN CLONAL MICROPROPAGATION OF HYDRANGEA ARBORESCENS L. USING THE EXAMPLE OF THE PINK ANNABELLE VARIETY*	***108***
OSMANOV R.M., GAMIDOVA N. Kh., TAZHUDINOVA Z. SH. *- VARIABILITY OF MORPHOLOGICAL TRAITS IN RARE SPECIES OF THE GENUS MATTHIOLA AIT. DURING INTRODUCTIONIN IN MOUNTAIN CONDITIONS*	***115***
PAVLOVA O.A., ***SOROKOPUDOV V.N.*** *- EVALUATION OF POLLEN FERTILITY IN GARDEN STRAWBERRY (FRAGARIA × ANANASSA DUCH.) CULTIVARS UNDER THE CONDITIONS OF THE MIDDLE URALS*	***120***
SKOK A.V., GOROKHOVTSEV A.O., SOROKOPUDOV V.N. *- PHENOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE DOMESTIC APPLE 'NEVILLE COPEMAN' IN THE URBAN ENVIRONMENT OF VORONEZH*	***126***
KHALILOVA K.M., MALIKOVA N.M., KHALILOVA M.M., KHALILOV M.B. *- NEW WINTER WHEAT VARIETIES*	***132***
ERZHIBOV A.Kh., KHANIEVA I.M., BERBEKOV K.Z., SHONTUKOV E.Z., YEZDEMIR I.E. *- APPLICATION OF MODERN TECHNOLOGICAL MODELS OF STRAWBERRY PRODUCTION IN THE ECOLOGICAL CONDITIONS OF THE NORTH CAUCASUS REGION*	***138***
ANIMAL SCIENCE AND VETERINARY SCIENCE (agricultural, veterinary, biological sciences)	
BADOVA O.V., BURTSEVA T.V., KUROCHKINA N.G. *- COMPARATIVE EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF KETOSIS TREATMENT SCHEMES IN COWS UNDER INTENSIVE DAIRY PRODUCTION CONDITIONS*	***145***
BARATOV M.O., SAKIDIBIROV O.P. *- A COMPARATIVE STUDY OF GUINEA PIGS INFECTION METHODS FOR TUBERCULOSIS DIAGNOSIS*	***150***
GORSHUNOVA S.V., SMIRNOVA E.A., BUZMAKOVA N.A. *- BIOTECHNOLOGY OF MICROALGAE CULTIVATION AND PROSPECTS FOR THEIR INDUSTRIAL APPLICATION*	***155***
ZUBAIROVA M.M., GUNASHEV S.A. *- AGE-RELATED DYNAMICS OF SHEEP TRICHOSTRONGYLOIDOSIS INFECTION ON THE PASTURES OF DAGESTAN'S PLAIN BELT*	***161***
KARNAEV I.A., SHIKHSHABEKOVA B.I. *- RESULTS OF POLYCULTURE APPLICATION IN POND STURGEON BREEDING*	***165***
LASHIN A.P., MAKSIMOV N.I., SYROVATSKIY M.V. *- INFLUENCE OF GLUTAMIC ACID RESIDUES ON GROWTH PERFORMANCE, FEED INTAKE, AND THE SERUM BIOCHEMICAL PROFILE OF BEEF CATTLE*	***169***
MAKSIMOV N.I., SYROVATSKIY M.V., BRUSNIK A.A. *- EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF INCLUSION OF NATURAL FEED ADDITIVES INTO THE DIETS OF YOUNG BEEF CATTLE*	***176***
SMIRNOVA E.A., GORSHUNOVA S.V., BUZMAKOVA N.A. *- MODERN DIGITAL METHODS FOR PREDICTING THE TOXICITY OF CHEMICAL COMPOUNDS*	***182***

AGROENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGIES *(agricultural, technical sciences)*	
AKHMEDOV M. E., DEMIROVA A. F., ISRIGOVA T.A., SALMANOV M.M., KERIMKHANOVA R.N. *- INNOVATIVE MODES FOR STERILIZING CHERRY COMPOTE IN AUTOCLAVES WITH PRE-HEATING OF FRUITS IN JARS WITH SATURATED WATER VAPOR AND TWO-STAGE COOLING*	***190***
BESPALOVA, O. V., SOKOLOV A. Yu. *- ANIMAL FEED PRODUCTION TECHNOLOGIES IN THE ECONOMY OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF AGRIBUSINESS ENTERPRISES*	***196***
BODROV A.Y., KOSHCHINA E.I., NAFIKOVA A.R., ILLARIONOVA O.V., NIGMATZYANOV A.S. *- APPLICATION OF YEAST COMPOSITIONS OBTAINED FROMRESIDUAL BEER YEAST IN FOOD PRODUCTS*	***205***
GADZHIBABAEV G.R. *- RELIABLE POWER SUPPLY IS A GUARANTEE OF STABLE FUNCTIONING OF AGRICULTURAL ENTERPRISES*	***215***
GALUSHKO A. O., SHABANOVA A. E., KHAIBULLINA A. R., ZININA O. V., VISHNYAKOVA E. A. *- DEVELOPMENT OF BIODEGRADABLE BASES ON PECTIN*	***221***
GANENKO S.V., LUKIN A.A., BUDILIN V.N., SELIMOVA U.A. *- EFFICIENCY OF THE METHOD OF DISINFECTION OF BEER STORAGE AND TRANSPORTATION CONTAINERS WITH COLD PLASMA*	***228***
GRITSENKO A.V., STARUNOV A.V., LUKIN A.A., BURTSEV A.Yu., DRUZHKOV K.K. *- SCR SYSTEM OF A VEHICLE ENGINE AND ANALYSIS OF ITS ELEMENTS*	***236***
IBRAGIMOVA L. R. *- BIOCHEMICAL AND ORGANOLEPTIC CHANGES IN PLANT RAW MATERIALS DURING HEAT TREATMENT*	***243***
IBRAGIMOVA L. R. *- OPTIMIZING THE COMPOSITION OF SUGARS-CONTAINING PRODUCTS IN CHILDREN'S NUTRITION*	***249***
ISRIGOVA T.A., LUKIN A.A., SALMANOV M.M., OMARIEVA L.V., SELIMOVA U.A., RASHIDOVA R.A., ALIGAZIEVA P.A. *- METHODS FOR EXTRACTING BIOACTIVE COMPONENTS FROM POMEGRANATE FRUITS*	***254***
ISRIGOVA T.A., LUKIN A.A., SHTRIKKER L.A., SALMANOV M.M., SELIMOVA U.A., DABUZOVA G.A., RASHIDOVA R.A. *- PROSPECTS FOR USING POMEGRANATE FRUIT IN THE FOOD INDUSTRY*	***261***
ISRIGOVA T.A., LUKIN A.A., SHTRIKKER L.A., GADZHIEV A.G., HIRIYEV M.M. *- ANALYSIS AND CLASSIFICATION OF PULPING MACHINES, WAYS TO OPTIMIZE THEIR OPERATION PROCESSES AND INCREASING PRODUCTION EFFICIENCY*	***270***
ISRIGOVA T.A., LUKIN A.A., SALMANOV M.M. *- MODERN CLASSIFICATION OF MICROPLASTICS IN FOOD SALT: MORPHOLOGY, COMPOSITION AND SOURCES OF POLLUTION*	***276***
KANAREIKINA S.G., KANAREIKIN V.I., GARIPOVA A. F., SALIKHOVA G.G., SALIKHOV A.R. *- COMPOSITION AND QUALITY OF NEW SOFT CHEESE MADE WITH THE USE OF WHEY*	***284***
KOKIEVA G.E., STEPANOVA S.V., OKHLOPKOVA M.K., FEDOROVA A.YA., PROKOPYEVA S.I. *- TECHNOLOGIES, MACHINERY AND EQUIPMENT FOR AGROINDUSTRIAL COMPLEX*	***290***
LATYPOVA R.R., BAYAZITOVA N.R., KOSHCHINA E.I., BADAMSHINA E.V., MARTYNOV V.M. *- POSSIBILITIES OF USING FLOUR FROM SPROUTED BUCKWHEAT GRAIN IN THE PRODUCTION OF LONG-TERM STORAGE PRODUCTS*	***295***
MAGOMEDOV F.M., MELIKOV I.M., ABACHARAEV I.M., GASANOVA E.S., MAGOMEDOVA N.F. *- COLD RUNNING-IN OF VEHICLE ENGINES USING AN INDEPENDENT ELECTRIC DRIVE UNIT*	***300***
NAFIKOVA A.R., KOSHCHINA E.I., NIGMATZYANOV A.S., BODROV A.Y., ILLARIONOVA O.V. *- USE OF STONE BRAMBLE FRUITS (RUBUS SAXATILIS L.) IN SOFT DRINK RECIPES*	***306***
ODINTSOV G.K., KALININA I.V., PAKICHEV A.S. *- DEVELOPMENT OF CRUSTY BREADS ENRICHED WITH BETULIN*	***312***
OTKOSOVA T.V., MALTSEVA V.N., PISKAREVA A.V., SUVOROV O.A. *- IMPROVING FOOD AND AGROBIOTECHNOLOGIES TO INCREASE AGRICULTURAL PRODUCTIVITY: ANALYSIS OF THE CURRENT STATE*	***318***
PRISYAZHNAYA S.P., PRISYAZHNAYA I.M., PANASYUK A.N., CHURILOVA K. S. *- TECHNOLOGY - ECONOMIC EFFICIENCY OF SOY SEVENS IN THE COMPANY OF TWO-FASE REMOVAL*	***323***
RASHIDOVA R.A., ISRIGOVA T.A., SALMANOV M.M., LUKIN A.A., SELIMOVA U.A., MUSAEVA N.M. *- PROSPECTS OF USING MODERN DRYING TECHNOLOGIES TO INCREASE THE QUALITY AND PRESERVATION OF FIGS*	***329***
RODIKOV S.A., BOLDYREV D.O. *- EFFECT OF POST-HARVEST TREATMENTS OF APPLES ON TRANSPIRATION AND SUPERFICIAL SCALD DURING STORAGE*	***336***
SULEYMANOVA Z.G., DEMIROVA A. F., AKHMEDOV M. E., ISRIGOVA T.A., SELIMOVA U.A., *- IMPROVEMENT OF THE TECHNOLOGY OF CANNED APPLE COMPOTE PRODUCTION USING IMPULSE-STEAM BLANCHING OF FRUITS IN JARS 1-82-500 AND STERILIZATION IN OPEN-TYPE UNITS*	***341***
SULEYMANOVA Z.G., AKHMEDOV M. E., DEMIROVA A. F., GADZHIEVA A.M. *- INNOVATIVE TECHNOLOGY FOR PRODUCING TOMATO PURÉE IN GLASS JAR 1-82-3000 USING MICROWAVE EMISSION AND HIGH-TEMPERATURE STERILIZATION IN OPEN-TYPE UNITS*	***346***
TARAN A.A., FEDOTOVA N.A., ZHUKOVA D.V., SUVOROV O.A. *- FROM A MICROBIAL CONSORTIUM TO A HEALTHY DRINK - SCIENTIFIC, TECHNOLOGICAL, AND PRODUCT RESEARCH ASPECTS*	***351***

FATALIEV N.G. *- SIMULATION OF THE FUTURE INTERNAL COMBUSTION ENGINE AND THE COMBUSTION PROCESS*	***357***
KHALILOV M.B., SULEIMANOV S.A., ABDULNATIPOV M.G. *- ANALYSIS OF SOIL CULTIVATION TECHNOLOGIES AND MACHINES*	***362***
KHAMITSAEVA A.S., LOKHOVA S.S., ZALLAEVA L.B., ISRIGOVA T.A., TEDEEVA F.L. *- STUDY OF THE ECOLOGICAL CHARACTERISTICS OF WILD PLANTS*	***367***
CHEKAUROVA M.S., KOMOGORTSEVA P.A., LEBEDEV V.D., ANDREEVA A.A., SUVOROV O.A. *- THE ROLE OF DIET IN DISEASES ASSOCIATED WITH PURINE METABOLISM DISORDERS*	***374***
YARAKHMEDOVA D.A., DEMIROVA A. F., AKHMEDOV M. E., ISRIGOVA T.A., ALMAKSUDOVA K.K. *- HIGH-TEMPERATURE STEP-BY-STEP STERILIZATION OF APRICOT COMPOTE IN OPEN-TYPE UNITS WITH HEAT CARRIER RECIRCULATION*	***381***
AUTHORS ADDRESS	***387***
RULES OF REGISTRATION OF SCIENTIFIC ARTICLES IN THE JOURNAL "DAGESTAN GAU PROCEEDINGS"	***390***

АГРОНОМИЯ, ЛЕСНОЕ И ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО
(сельскохозяйственные, биологические, технические науки)

10.52671/26867591_2026_1_10
УДК 633.358

ИЗМЕНЧИВОСТЬ СТРУКТУРЫ УРОЖАЯ ГОРОХА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИМЕНЕНИЯ БИОПРЕПАРАТОВ НА ЧАСТЯХ СКЛОНА

АБДУЛВАЛЕЕВ Р.Р. [1], д-р с.-х. наук, доцент
ВАТРАКШИНА Е.Г. [1], аспирант
АХИЯРОВ Б.Г. [1], канд. с.-х. наук, доцент
ВАТРАКШИН С.Н. [1], аспирант
ЧЕРКАШИНА А.Г.[2], д-р с.-х. наук, профессор
[1]Башкирский государственный аграрный университет, г. Уфа, Россия
[2]Арктический государственный агротехнологический университет, г. Якутск, Россия

VARIABILITY OF PEA YIELD STRUCTURE IN DEPENDENCE OF BIOPREPARATION APPLICATION ON PARTS OF SLOPE

ABDULVALEEV R.R. [1], Doctor of Agriculture Science, Associate Professor
VATRAKSHINA E.G. [1], postgraduate student
AKHIYAROV B.G. [1], Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor
VATRAKSHIN S.N. [1], postgraduate student
CHERKASHYNA A.G.[2], Doctor of Agriculture Science, Professor
[1]Bashkir State Agrarian University, Ufa, Russia
[2]Arctic State Agrotechnological University, Yakutsk, Russia

Аннотация. Исследования, проведенные в 2022-2024 гг. в УНЦ Аксеновского агропромышленного колледжа, показали, что части склона оказали существенное влияние на структуру урожая и урожайность зерна гороха посевного изучаемых сортов: Чишминский 229, Ватан и Казачок. Наилучшие показатели структуры урожая, такие как: количество выживших растений к уборке, количество бобов, количество горошин в бобе, вес горошин с одного растения, а также масса 1000 семян, были в середине склона и нижней части изучаемого склона. При этом урожайность по сортам в контрольном варианте (без инокуляции) по частям склона наибольшей была в середине и нижней части склона и составила по сортам соответственно: Чишминский 229 – 1,92-1,97 т/га, Ватан – 2,11-2,26 т/га и Казачок – 2,26-2,36 т/га, или на 15,0-18,0% выше по сравнению с контролем (Чишминский 229), 8,2-15,9 % (Ватан) и 6,6-11,3% (Казачок).

Инокуляция семян биологическими препаратами привела к улучшению структуры урожая, а также урожайности зерна гороха посевного всех исследуемых сортов. Наибольшая урожайность зерна гороха была отмечена при использовании РизоБаш по сравнению с контролем (без инокуляции) и Ризоторфин-Бом-Б. Наибольший эффект был получен при применении Ризоторфин-Б-Б и РизоБаш в середине склона и нижней части склона. Среди сортов гороха посевного лучшие показатели структуры урожая и урожайность были отмечены в среднем за 200-2024 гг. у сорта Казачок.

Ключевые слова: склон, часть склона, горох посевной, сорт Чищминский 229, сорт Ватан, сорт Казачок, структура урожая гороха, биопрепарат, Ризоторфин-Б-Б, РизоБаш.

Abstract. *Research conducted in 2022-2024 at the Aksenovsky Agro-Industrial College's Research Center showed that the parts of the slope had a significant impact on the yield structure and grain yield of the following varieties of field pea: Chishminsky 229, Vatan, and Kazachok. The best yield structure indicators, such as the number of surviving plants by harvest, the number of beans, the number of peas per bean, the weight of peas per plant, and the weight of 1,000 seeds, were observed in the middle and lower parts of the studied slope. At the same time, the yield of the varieties in the control variant (without inoculation) in parts of the slope was highest in the middle and lower parts of the slope and amounted to 229 – 1.92 -1.97 t/ha, respectively: Chishminsky 229 – 1.92 -1.97 t/ha, Vatan - 2.11–2.26 t/ha and Kazachok - 2.26-2.36 t/ha, or 15.0-18.0% higher compared to the control (Chishminsky 229), 8.2-15.9% (Vatan) and 6.6-11.3% (Kazachok).*

Inoculation of seeds with biological preparations led to an improvement in the structure of the crop, as well as in the yield of field peas.

Keywords: *slope, part of the slope, field peas, Chishchminsky 229 variety, Vatan variety, Kazachok variety, pea yield structure, biological product, Rizotorfin-B, RizoBash*

Введение

В продовольственной безопасности горох посевной (Pisum sativum) является одной из важнейших полевых культур, а также горох служит для поддержания рационального питания. Эффективность возделывания гороха посевного, его урожайность зависят от целого ряда факторов, среди которых ключевой фактор – выбор сорта и структура его урожая в годы с различными погодными условиями и на различных частях склона. Многими исследователями доказано непосредственное влияние таких факторов как: сорт, погодные условия в годы возделывания и размещение посевов на частях склона на структуру урожая и урожайность гороха посевного, а также других сельскохозяйственных культур [1-20].

Также многими исследователями доказано значительная роль биологических препаратов, применяемых в сельском хозяйстве, в частности при выращивании бобовых культур. В биологическом земледелии особенно важно использование бобовых культур, так как они имеют способность фиксировать азот воздуха. Накопление биологического азота в почве ведет к развитию полезной микрофлоры, увеличению белка в хозяйственной части растений [3]. Следует учесть, что эффективность биологических препаратов также зависит от многих факторов, в том числе погодных. Влияние склона на эффективность биопрепаратов мало изучена и требует внимания по их применению при возделывании полевых культур.

Цель исследований. Изучить влияние частей склона поля: верхней, середины и нижней части на структуру и урожайность районированных сортов: Чишминский 229, Ватан и перспективного сорта Казачок при применении биологических препаратов Ризоторфин-Б-Б и РизоБаш в среднем за 2022-2024 гг. в условиях УНЦ Аксеновский агропромышленный колледж имени Н.М. Сибирцева.

Материалы и методы исследований.

Исследования проводились в Учебно-научном центре Аксеновского агропромышленного колледжа поля № 2 в 2022-2024 гг. Склон южной экспозиции, длина склона – 250 метров. Почва – чернозем типичный, содержание гумуса – 7,8%.

Севооборот – 4-польный зерновой. Площадь делянки – 120 м^2. Размещение опытов на 3-х элементах склона поля: верхняя часть, середина и нижняя часть склона. В опытах использовали районированные для данной зоны сорта гороха посевного: Чишминский 229, Ватан и перспективный сорт Казачок.

Варианты опыта: посев семян без инокуляции, NPK (под планируемую урожайность 2,5 т/га), NPK+ Ризоторфин-Б Б, NPK+РизоБаш.

Посев производили в 1 декаде мая: в 2022 г. – 8 мая, в 2023 г. – 11 мая, в 2024 г. – 10 мая. Норма высева всех сортов была 1,2 млн. всхожих семян на га.

Сорт гороха Чишминский 229. Включен в Госреестр по Уральскому (9) региону. Рекомендован для возделывания в Оренбургской области в 2007 г.

Неосыпающийся. Число междоузлий до первого соцветия – 12-14. Лист с 2-3 парами цельнокрайних листочков. Прилистники хорошо развиты, плотность пятнистости средняя. Число цветков на узел – два. Цветки белые. Бобы прямые или очень слабоизогнутые, с тупой верхушкой. Семена шаровидные. Семядоли желтые. Рубчик закрыт остатком семяножки.

Средняя урожайность в регионе 15,7 ц/га, на уровне среднего стандарта. В Оренбургской области при уровне урожайности 14,2 ц/га превысил сорт Чишминский 95 на 1,2 ц/га. Среднеспелый, вегетационный период 65-82 дня. Высота растений 55-87 см. Устойчивость к полеганию, осыпанию, засухе – на уровне стандартных сортов. Масса 1000 семян – 228-277 г. Содержание белка – 24,1-29,5%, товарные качества хорошие, кулинарная оценка высокая. Ценный по качеству.

Сорт гороха Ватан Включен в Госреестр по Средневолжскому (7) региону. Рекомендован для возделывания в Республике Татарстан.

Безлисточковый, неосыпающийся. Число узлов до и включая первый фертильный узел – среднее. Прилистники хорошо развиты, плотность пятнистости средняя. Максимальное число цветков на узел – два-три. Цветки белые. Бобы слабоизогнутые, с тупой верхушкой. Семена шаровидные. Семядоли желтые. Рубчик черный, закрыт остатком семяножки.

Средняя урожайность в регионе 15,8 ц/га, на 1,3 ц/га выше стандартных сортов. В Республике Татарстан при урожайности 23,3 ц/га превысил стандарт Казанец на 1,6 ц/га. Максимальная урожайность 42,7 ц/га получена в 2009 г. в Республике Мордовия.

Среднеспелый, вегетационный период 55-79 дней. Высота растений 30-75 см. По устойчивости к засухе до 1 балла превышает сорт Казанец. Устойчивость к полеганию и осыпанию высокая.

Масса 1000 семян – 213-247 г. Содержание белка в зерне – 22,6-25,1%.

Сорт гороха Казачок. Включен в Госреестр по Центральному (3), Волго-Вятскому (4), Центрально-Черноземному (5), Северо-Кавказскому (6), Средневолжскому (7) и Уральскому (9) регионам в 2024 г.

Безлисточковый. Стебель средней длины. Число узлов до первого фертильного узла включительно – большое. Прилистники хорошо развиты, плотность пятнистости низкая - средняя. Время цветения среднее. Максимальное число цветков на узел – два. Бобы прямые или очень слабоизогнутые, с тупой верхушкой. Форма семян округлая. Семядоли желтые. Рубчик светлый.

Средняя урожайность в Центральном регионе – 27,5 ц/га; в Центрально-Черноземном – 36,2 ц/га; в Северо-Кавказском – 27,5 ц/га; в Средневолжском регионе – 21,6 ц/га; в Уральском регионе – 16,7 ц/га.

Среднеспелый, вегетационный период – 64-88 дней. Высота растений – 50-87 см. Устойчивость к засухе выше средней. Высокоустойчив к осыпанию и полеганию. Масса 1000 семян – 188-290 г. Содержание белка до 29.8 %. Товарные и кулинарные

показатели отличные. Ценный по качеству.

Метеорологические данные в годы проведения исследований (2022-*2024 гг.) были получены по данным раевской метеостанции и автономной метеостанции KAIPOS, установленной непосредственно на поле, где проводились исследования. Данные раевской метеостанции представлены на рисунке 1 и таблице 1. Также были использованы точные данные автономных метеостанций KAIPOS, установленные непосредственно на поле.

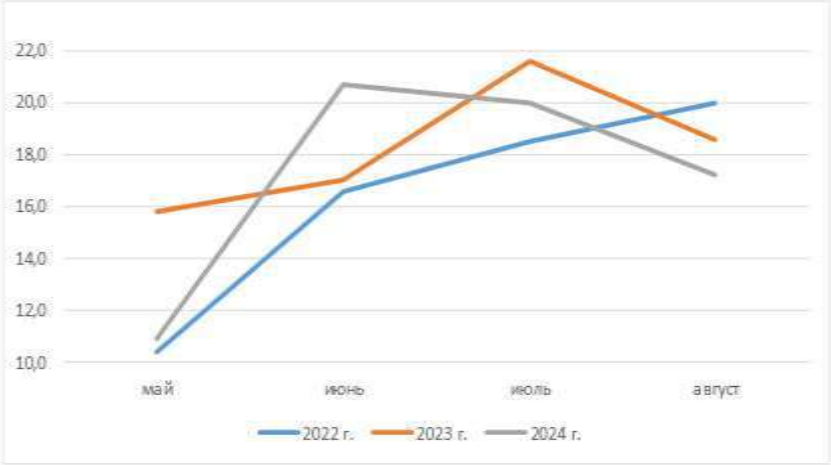


Рисунок 1 – Средняя температура воздуха по данным раевской метеостанции за 2022-2024 гг.

Средняя температура по годам в годы исследований была различной. Так за три года (2022-2024 гг.) наибольшая температура в мае и июне была отмечена в 2024 г., в июле в 2023 г, а в августе в 2022 г. За 4 месяца с мая по август температура воздуха наименьшей была в мае и составила 10,4-15,8 °С, в июне – 16,6-20,7 °С, в июле ежегодно отмечается наибольшая температура воздуха, в годы исследований она составила 20,0 - 21,6 °С (рис. 1, табл. 1).

Таблица 1 – Температура воздуха С° (раевская метеостанция за 2022 -2024 гг.)

Месяц	Сумма активных температур, С°			Средняя температура воздуха, С°		
	2022 г.	2023 г.	2024 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.
Май	248	374	296	10,4	15,8	10,9
Июнь	497	511	620	16,6	17,0	20,7
Июль	578	671	621	18,5	21,6	20,0
За период	1323	1556	1537	15,2	18,1	17,2

Сумма активных температур по годам была различной. Так за май-август она составила: в 2022 г. – 1943 С°, в 2023 г. – 2133 С° и в 2024 г. – 2070 С°. Самой наименьшей сумма активных температур была в мае 2022 г. (248 С°), а наибольшей в июле 2023 г. (671 С°).

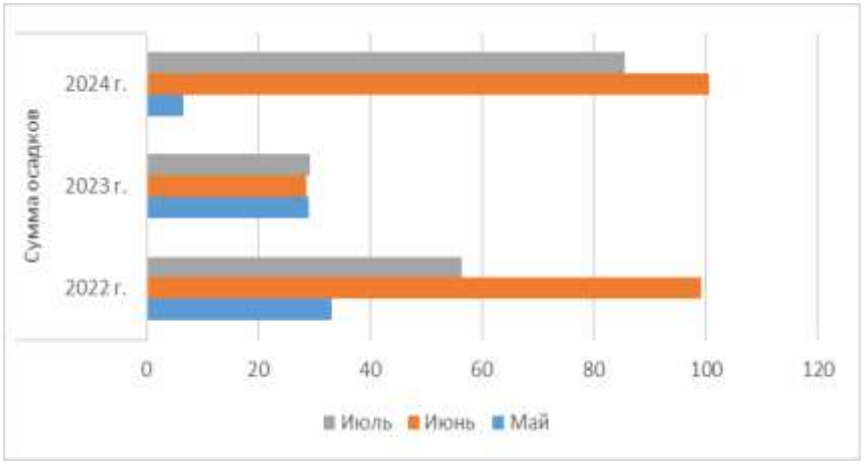


Рисунок 2 – Сумма осадков за май-июль 2022-2024 гг., мм (данные раевской метеостанции)

Результаты исследований.

Так наблюдения показывают, что температура воздуха на южном склоне верхней ее части выше по сравнению с пониженными участками поля на 1,2-1,8 С°.

На верхней части склона сумма активных температур за май-июль в верхней части склона составила 2180 С°, а в нижней части 1890 С°, в следствии чего период вегетации гороха сорта Томас в верхней части составил 78 дней а в нижней части склона 82-83 дня.

2022 и 2024 гг. были умеренно увлажненными, а 2023 г. засушливым. В мае наименьшее количество осадков было отмечено в 2024 г., но уже в июне и июле в этот год выпало наибольшее количество осадков по сравнению с другими годами исследований (рис. 2).

Таблица 2 – Структура урожая и урожайность гороха посевного сорта Чишминский 229 на частях склона при применении иногулянтов (УНЦ ААПК им. Н.С. Сибирцева, в среднем за 2022-2024 гг.)

Часть склона	Варианты опыта	Количество растений к уборке, шт./м^2	Количество бобов, шт./растение	Количество горошин в бобе, шт.	Вес горошин с растения, г.	Масса 1000 семян, г.	Урожайность зерна, т/га
Верхняя	без инокуляции (К)	79,20	3,30	3,03	2,11	211	1,67
	NPK	84,00	3,62	3,06	2,35	212	1,97
	NPK+ Ризоторфин-Б	84,25	3,64	3,07	2,41	216	2,03
	NPK+ РизоБаш	84,60	3,66	3,06	2,43	217	2,06
Середина	без инокуляции (К)	85,97	3,34	3,01	2,23	222	1,92
	NPK	86,42	3,71	3,03	2,53	225	2,19
	NPK+ Ризоторфин-Б	86,89	3,86	3,04	2,66	227	2,31
	NPK+ РизоБаш	87,19	3,87	3,05	2,69	228	2,35
Нижняя	без инокуляции (К)	84,53	3,45	3,10	2,33	218	1,97
	NPK	85,85	3,77	3,12	2,58	219	2,21
	NPK+ Ризоторфин-ББ	86,90	3,89	3,15	2,75	224	2,39
	NPK+ РизоБаш	86,94	3,90	3,16	2,77	225	2,41
	$НСР_{05}$	1,04	0,04	0,01	0,22	0,9	0,01

Структура урожая и урожайность гороха посевного сорта Чишминский 229 на частях склона при применении инокулянтов в условиях УНЦ ААПК им. Н.С. Сибирцева, в среднем за 2022-2024 гг. по вариантам опыта была различной. Так, количество растений к уборке было наименьшим при варианте опыта без инокуляции семян, и составило в верхней части склона 79,2 шт./м^2, в середине – 85,97 шт./м^2, в нижней части – 84,53 шт./м^2. Применение азотфосфорокалийных удобрений и биопрепаратов Ризоторфин-Б и РизоБаш на всех частях склона привело к увеличению максимального количества растений к уборке, к лучшей выживаемости и составила в верхней части 84,60 шт./м^2, середине 87,19 шт./м^2 и нижней части 86,94 шт./м^2. Количество бобов на одном растении было наибольшим при использовании инокулянтов Ризоторфин-Б (3,64-3,89 шт.) и Резобаш (3,66-3,90 шт), а наименьшим при опыте без инокуляции (3,30-3,45 шт). Наибольшее количество бобов на растении было отмечено в середине и нижней части склона и составило 3,34-3,90 шт на растении. Количество горошин в бобе было наименьшим в опытах без инокуляции (3,01-3,10 шт.) и увеличилось с применением азотных удобрений (3,03-3,12 шт) и при обработке Ризоторфин-Б (3,04-3,15 шт) и РизоБаш (3,05-3,16 шт). Максимальное

количество горошин в бобе было отмечено в нижней части склона и в верхней части склона. Вес горошин с одного растения был отмечен минимальным на верхней части склона (2,11-2,43 г), а наибольшим в середине (2,23-2,69 г) и нижней части склона (2,33-2,77 г.). Применение биологических препаратов также оказало влияние на вес горошин с одного растения. Так, наибольшим оно было отмечено при использовании биопрепарата РизоБаш и составило 2,43 г. в верхней части склона, 2,69 г. – в середине и 2,77 г. – в нижней части склона. Масса тысячи семян в опытах составила от 211-228 грамм. При этом наименьшая масса тысячи семян была отмечена в верхней части склона (211-217 г), а наибольшая в середине (222-228 г) и нижней части склона (218-225 г). Применение азотных и минеральных удобрений, а также биологических препаратов оказало существенное влияние на массу тысячи семян на всех частях склона. Урожайность зерна гороха посевного сорта Чишминский 229 по контролю без инокуляции семян составила 1,67 т/га в верхней части склона, 1,92 т/га – в середине и 1,97 т/га – в нижней части склона. В вариантах опыта с применением биологических препаратов Ризоторфин-Б и РизоБаш привело к увеличению урожайности соответственно до 2,03-2,06 т/га в верхней части склону до 2,31 т/га, 2,35 т/га – в середине и до 2,39-2,41 т/га – в нижней части склона.

Таблица 3 – Структура урожая и урожайность гороха посевного сорта Ватан на частях склона при применении иногулянтов (УНЦ ААПК им. Н.С. Сибирцева, в среднем за 2022-2024 гг.)

Часть склона	Варианты опыта	Количество растений к уборке, шт./м^2	Количество бобов, шт./растение	Количество горошин в бобе, шт.	Вес горошин с растения, г.	Масса 1000 семян, г.	Урожайность зерна, т/га
1	2	3	4	5	6	7	8
Верхняя	без инокуляции (К)	77,56	3,83	3,08	2,51	213	1,95
	NPK	79,30	4,08	3,10	2,71	214	2,15
	NPK+ Ризоторфин-Б	79,70	4,10	3,11	2,75	216	2,19
	NPK+ РизоБаш	80,29	4,12	3,12	2,79	217	2,24
Середина	без инокуляции (К)	82,69	3,92	3,01	2,55	216	2,11
	NPK	84,31	4,15	3,03	2,77	220	2,33
	NPK+ Ризоторфин-Б	84,46	4,27	3,03	2,87	222	2,42
	NPK+ РизоБаш	84,71	4,29	3,05	2,93	224	2,48
Нижняя	без инокуляции (К)	81,61	4,32	2,98	2,77	215	2,26
	NPK	82,49	4,70	3,00	3,04	216	2,51
	NPK+ Ризоторфин-Б	83,00	4,86	3,01	3,20	219	2,66
	NPK+ РизоБаш	83,24	4,85	3,03	3,24	220	2,69
	$НСР_{05}$	1,04	0,04	0,01	0,22	0,9	0,01

Структура урожая и урожайность гороха посевного сорта Ватан на частях склона при применении инокулянтов в условиях УНЦ ААПК им. Н.С. Сибирцева в среднем за 2022-2024 гг. по вариантам опыта была различной. Так, количество растений к уборке было наименьшим при варианте опыта без инокуляции семян, и составило в верхней части склона 77,56 шт./м^2, в середине – 82,69 шт./м^2, в нижней части – 81,61 шт./м^2. Применение азотфосфорокалийных удобрений и биопрепаратов Ризоторфин-Б и РизоБаш на всех частях склона привело к увеличению максимального количества растений к уборке, к лучшей выживаемости и составила в верхней части 80,29 шт./м^2, середине – 84,71 шт./м^2 и нижней части – 83,24 шт./м^2. Количество бобов на одном растении было наибольшим при использовании инокулянтов Ризоторфин-Б (4,10-4,86 шт.) и РизоБаш (4,12-4,85 шт), а наименьшим – при опыте без инокуляции (3,83-4,32 шт). Наибольшее количество бобов на растении

было отмечено в середине и нижней части склона и составило 3,92-4,86 шт на растении. Количество горошин в бобе было наименьшим в опытах без инокуляции (2,98-3,08 шт.) и увеличилось с применением азотных удобрений (3,00-3,10 шт) и при обработке Ризоторфином-Б (3,01-3,11 шт) и РизоБаш (3,03-3,12 шт). Максимальное количество горошин в бобе было отмечено в верхней части склона и в середине склона. Вес горошин с одного растения был отмечен минимальным на верхней части склона (2,51-2,79 г), а наибольшим в нижней части (2,77-3,24 г) и середине склона (2,55-2,93 г.). Применение биологических препаратов также оказало влияние на вес горошин с одного растения. Так, наибольшим оно было отмечено при использовании биопрепарата РизоБаш и составило 2,79 г. в верхней части склона, 2,93 г. – в середине и 3,24 г. – в нижней части склона. Масса тысячи семян в опытах составила от 213-224 грамм. При этом наименьшая масса тысячи семян была отмечена в верхней части склона (213-217 г), а наибольшая – в середине (216-224 г) и нижней части склона (215-220 г). Применение азотных и минеральных удобрений, а также биологических препаратов оказало существенное влияние на массу тысячи семян на всех частях склона. Урожайность зерна гороха посевного сорта Ватан по контролю без инокуляции семян составила 1,95 т/га в верхней части склона, 2,11 т/га – в середине и 2,26 т/га – в нижней части склона. В вариантах опыта с применением биологических препаратов Ризоторфин-Б и РизоБаш привело к увеличению урожайности соответственно до 2,19 т/га и 2,24 т/га в верхней части склона, до 2,42 т/га и 2,48 т/га – в середине склона и до 2,66-2,69 т/га – в нижней части склона.

Таблица 4 – Структура урожая и урожайность гороха посевного сорта Казачок на частях склона при применении иногулянтов (УНЦ ААПК им. Н.С. Сибирцева, в среднем за 2022-2024 гг.)

Часть склона	Варианты опыта	Количество растений к уборке, шт	Количество бобов, шт./растение	Количество горошин в бобе, шт.	Вес горошин с растения, г.	Масса 1000 семян, г.	Урожайность зерна, т/га
Верхняя	без инокуляции (К)	84,14	3,86	3,01	2,52	217	2,12
	NPK	85,54	4,05	3,07	2,81	226	2,40
	NPK+ Ризоторфин-Б	85,74	4,04	3,09	2,85	228	2,44
	NPK+ РизоБаш	85,96	4,06	3,11	2,88	228	2,48
Середина	без инокуляции (К)	85,30	3,94	3,07	2,65	219	2,26
	NPK	87,61	4,08	3,15	2,93	228	2,57
	NPK+ Ризоторфин-Б	87,73	4,12	3,17	3,03	232	2,66
	NPK+ РизоБаш	87,91	4,12	3,19	3,06	233	2,69
Нижняя	без инокуляции (К)	84,31	4,12	3,03	2,80	224	2,36
	NPK	85,24	4,42	3,13	3,15	228	2,69
	NPK+ Ризоторфин-Б	85,33	4,48	3,15	3,24	230	2,77
	NPK+ РизоБаш	85.43	4,50	3,16	3,28	231	2,80
	НСР05	1,04	0,04	0,01	0,22	0,9	0,01

Структура урожая и урожайность гороха посевного сорта Казачок на частях склона при применении инокулянтов в условиях УНЦ ААПК им. Н.С. Сибирцева, в среднем за 2022-2024 гг. по вариантам опыта была различной. Так, количество растений к уборке было наименьшим при варианте опыта без инокуляции семян, и составило в верхней части склона 84,14 шт./м^2, в середине – 85,30 шт./м^2, в нижней части – 84,43 шт./м^2. Применение азотфосфорокалийных удобрений и биопрепаратов

Ризоторфин-Б и РизоБаш на всех частях склона привело к увеличению максимального количества растений к уборке, к лучшей выживаемости и составила в верхней части 85,54-85,96 шт./м^2, середине – 87,61-87,91 шт./м^2 и нижней части – 85,24-85,43 шт./м^2. Количество бобов на одном растении было наибольшим при использовании инокулянтов Ризоторфин-Б (4,04-4,48 шт.) и РизоБаш (4,06-4,50 шт.), а наименьшим – при опыте без инокуляции (3,86-4,12 шт). Наибольшее количество бобов на растении было отмечено в середине и нижней части склона и составило 3,94-4,50 шт. на растении. Количество горошин в бобе было наименьшим в опытах без инокуляции (3,01-3,07 шт.) и увеличилось с применением азотных удобрений (3,07-3,15 шт.) и при обработке Ризоторфином-Б (3,09-3,17 шт.) и РизоБаш (3,11-3,19 шт). Максимальное количество горошин в бобе было отмечено в середине склона и нижней части склона. Вес горошин с одного растения был отмечен минимальным на верхней части склона (2,52-2,88 г), а наибольшим в нижней части (2,80-3,28 г) и на середине склона (2,65-3,06 г.).

Биологические препараты также оказали влияние на вес горошин с одного растения. Так, наибольшим оно было отмечено при использовании биопрепарата РизоБаш и составило 2,88 г. в верхней части склона, 3,06 г. – в середине и 3,28 г. – в нижней части склона. Масса тысячи семян в опытах составила от 217-231 г. При этом наименьшая масса тысячи семян была отмечена в верхней части склона (217-228 г), а наибольшая – в середине (219-233 г) и нижней части склона (224-231 г). Применение азотных и минеральных удобрений, а также биологических препаратов оказало существенное влияние на массу тысячи семян на всех частях склона. Урожайность зерна гороха посевного сорта Казачок по контролю без инокуляции семян составила 2,12 т/га в верхней части склона, 2,26 т/га – в середине и 2,36 т/га – в нижней части склона. В вариантах опыта с применением биологических препаратов Ризоторфин-Б и РизоБаш привело к увеличению урожайности соответственно до 2,44 т/га и 2,48 т/га в верхней части склона, до 2,66 т/га и 2,69 т/га – в середине склона и до 2,77-2,80 т/га – в нижней части склона.

Вывод.

Части склона оказали существенное влияние на структуру урожая и урожайность зерна гороха посевного изучаемых сортов: Чишминский 229, Ватан и Казачок. Наилучшие показатели структуры урожая, такие как: количество выживших растений к уборке, количество бобов, количество горошин в бобе, вес горошин с одного растения, а также масса 1000 семян были в середине склона и нижней части изучаемого склона. При этом урожайность по сортам в контрольном варианте (без инокуляции) по частям склона наибольшей была в середине и нижней части склона и составила по сортам соответственно: Чишминский 229 – 1,92 -1,97 т/га, Ватан – 2,11-2,26 т/га и Казачок – 2,26-2,36 т/га, или на 15,0-18,0% выше по сравнению с контролем (Чишминский 229), 8,2-15,9 % (Ватан) и 6,6-11,3% (Казачок).

Инокуляция семян биологическими препаратами привело к улучшению структуры урожая, а также урожайности зерна гороха посевного всех исследуемых сортов. Наибольшая урожайность зерна гороха была отмечена при использовании РизоБаш по сравнению с контролем (без инокуляции) и Ризоторфин-Б. Наибольший эффект был получен при применении Ризоторфин-Б и РизоБаш в середине склона и нижней части склона. Среди сортов гороха посевного лучшие показатели структуры урожая и урожайность были отмечены в среднем за 200-2024 гг. у сорта Казачок.

Заключение. Для получения высоких урожаев зерна гороха рекомендуем использовать сорт Казачок с инокуляцией биологическим препаратом РизоБаш и размещать посевы в середине и нижней части склона.

Список литературы

1. Абдулвалеев Р. Р., Ватракшина Е. Г., Ватракшин С. Н. Изменение урожайности гороха посевного сортов Памяти Хангильдина и Рокет в зависимости от частей южного склона в условиях Предуралья Республики Башкортостан // Современные тенденции технологического развития АПК: мат. Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. Десятилетию науки и технологий и 300-летию Российской академии наук. – Ижевск: Удмуртский государственный аграрный университет, 2025. – С. 3-9. – EDN GZTEWW.

2. Ватракшин С. Н., Е. Г. Ватракшина, Р. Р. Абдулвалеев Масса 1000 зерен гороха различных сортов на элементах агроландшафта в условиях Предуралья Республики Башкортостан // Современные тенденции технологического развития АПК: мат. Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. Десятилетию науки и технологий и 300-летию Российской академии наук. – Ижевск: Удмуртский государственный аграрный университет, 2025. – С. 33-39. – EDN TDKCLX.

3. Влияние разных технологий обработки чернозёма на содержание почвенного углерода / Н. М. Троц, О. В. Горшкова, В. Б. Троц [и др.] // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2024. – № 6(110). – С. 9-15. – DOI 10.37670/2073-0853-2024-110-6-9-15. – EDN ZHYWYU.

4. Воскобулова Н. И., Верещагина А. С., Ураскулов Р. Ш. Влияние сроков посева гороха на использование продуктивной влаги // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2020. – № 2(82). – С. 72-75. – DOI 10.37670/2073-0853-2020-82-2-72-75. – EDN PFMMEQ.

5. Гармашов В. М., Крячкова М. П., Говоров В. Н. Пищевой режим при минимализации основной обработки почвы под горох // Актуальные проблемы почвоведения, экологии и земледелия: сб. докл. XX Междунар. науч.-практ. конф. Курского отделения МОО «Общество почвоведов имени В.В. Докучаева». – Курск: Курский федеральный аграрный научный центр, 2025. – С. 76-81. – EDN NYNESP.

6. Давлетов Ф. А., Гайнуллина К. П. Влияние норм высева семян на урожайность зерна гороха в условиях Предуральской степи Республики Башкортостан // Аграрная наука. – 2023. – № 5. – С. 72-77. – DOI 10.32634/0869-8155-2023-370-5-72-77. – EDN XXVWSI.

7. Исмагилов Р. Р., Абдулвалеев Р.Р. Пространственная изменчивость плодородия почвы на рельефе// Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1-2. – С. 287. – EDN TXUZFH.

8. Кузьминых А. Н., Мусирякова М. М. Урожайность гороха посевного сорта Рокет в зависимости от нормы высева и обработки семян молибденом // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2024. – № 5(109). – С. 63-70. – DOI 10.37670/2073-0853-2024-109-5-63-70. – EDN HNWDSN.

9. Оценка сортов и линий гороха посевного Pisum sativum l.) в условиях учебно-научного центра Башкирского ГАУ / И. Ю. Кузнецов, А. М. Дмитриев, Ф. Ф. Авсахов [и др.] // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. – 2024. – № 4(72). – С. 29-35. – DOI 10.31563/1684-7628-2024-72-4-29-35. – EDN TUGKSK.

10. Патент № 2827217 C1 Российская Федерация, МПК A01C 21/00, A01B 79/02, C09K 17/06. Способ повышения плодородия почв и продуктивности сельскохозяйственных культур: № 2024105582: заявл. 04.03.2024: опубл. 23.09.2024 / Н. М. Троц, Д. В. Виноградов, Я. А. Бахмуров [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный аграрный университет». – EDN RYJZDS.

11. Петров М. В., Тойгильдин А. Л., Шарипова Р. Б. Влияние лесомелиоративного обустройства агроландшафтов на накопление продуктивной влаги и урожайность полевых культур // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2025. – № 2(70). – С. 32-40. – DOI 10.18286/1816-4501-2025-2-32-40. – EDN MYLHQW.

12. Природные ресурсы формирования урожая на разных элементах рельефа / Р. Р. Исмагилов, Р. Н. Булатов, Р. Р. Абдулвалеев [и др.] // Высшему агрономическому образованию в Удмуртской Республике – 55 лет: мат. Всерос. науч.-практ. конф., посвящ. 55-летию агрономического факультета. – Ижевск: Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, 2009. – С. 149-152. – EDN TVIVWX.

13. Создание высокоурожайного, технологического сорта гороха посевного (Pisumsativum L.) с ценными качествами зерна / И. Ю. Кузнецов, Ф. А. Давлетов, А. М. Дмитриев [и др.] // Международный журнал аграрной науки и образования. – 2024. – № 1(1). – С. 24-36. – EDN IJDYKJ.

14. Технология возделывания сои, вики, нута, и кормовых бобов в Республике Башкортостан: рекомендации / Р. Р. Исмагилов, Р. Б. Нурлыгаянов, И. Р. Хадыев [и др.]. – Уфа: Башкирский государственный аграрный университет, 2019. – 52 с. – ISBN 978-5-7456-0693-9. – EDN QHNECP.

15. Фотосинтетический потенциал и продуктивность зерновых бобовых культур в условиях лесостепной зоны Среднего Поволжья / А. Л. Тойгильдин, М. И. Подсевалов, Р. А. Мустафина [и др.] // Международный научно-исследовательский журнал. – 2023. – № 1(127). – DOI 10.23670/IRJ.2023.127.11. – EDN LJMQNZ.

16. Шакирзянова, М. С. Адаптивные свойства перспективных линий гороха / М. С. Шакирзянова, Н. А. Шагаев // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Сельскохозяйственные науки. – 2024. – Т. 3. № 4(12). – С. 15-20. – DOI 10.37313/2782-6562-2024-3-4-15-20. – EDN XROVTQ.

17. Корягин Ю. В., Иванов А. И., Корягина Н. В. Влияние биологических препаратов группы Ризоторфин-Ба на посевные качества семян гороха // Нива Поволжья. – 2016. – № 3(40). – С. 18-25. – EDN YPSMVJ.

18. Accelerating the breeding process and obtaining new hybrids of seed peas / R. Abdullina, F. Avsakhov, L. Gaysina [et al.] // AgroEcoInfo. – 2024. – Vol. 6, No. 66. – P. 12. – DOI 10.51419/202146612.. – EDN FUSCXW.

19. The effect of Sudan grass on the mixed sowing chemical composition of annual forage crops / I. Y. Kuznetsov, B. G. Akhiyarov, I. G. Asylbaev [et al.] // Journal of Engineering and Applied Sciences. – 2018. – Vol. 13, No. S8. – P. 6558-6564. – DOI 10.3923/jeasci.2018.6558.6564. – EDN YBQAOD.

20. Akhiyarov B.G., Islamgulov D.R., Abdulvaleev R.R., Akhiyarova L.M., Sotchenko D.Y. Agroecological testing of new hybrids of different maturity groups of corn in the conditions of the republic of Bashkortostan // Bio web of conferences. Les Ulis, 2025. С. 09002.

References

1. Abdulvaleev R. R., Vatrakshina E. G., Vatrakshina S. N. Changes in the yield of peas of the Pamyati Khangildin and Roket varieties depending on the parts of the southern slope in the conditions of the Cis-Urals of the Republic of Bashkortostan // Modern trends in the technological development of the agro-industrial complex: Proceedings of the International scientific and practical conference dedicated to the Decade of Science and Technology and the 300th anniversary of the Russian Academy of Sciences. - Izhevsk: Udmurt State Agrarian University, 2025. - Pp. 3-9. - EDN GZTEWW.

2. Vatrakshin S. N., E. G. Vatrakshina, R. R. Abdulvaleev Weight of 1000 grains of peas of different varieties on the elements of the agricultural landscape in the conditions of the Cis-Urals of the Republic of Bashkortostan // Modern trends in the technological development of the agro-industrial complex: Proceedings of the International scientific and practical conference dedicated to the Decade of Science and Technology and the 300th anniversary of the Russian Academy of Sciences. - Izhevsk: Udmurt State Agrarian University, 2025. - Pp. 33-39. - EDN TDKCLX.

3. The influence of different chernozem processing technologies on the content of soil carbon / N. M. Trots, O. V. Gorshkova, V. B. Trots [et al.] // Bulletin of the Orenburg State Agrarian University. - 2024. - No. 6 (110). - Pp. 9-15. – DOI 10.37670/2073-0853-2024-110-6-9-15. – EDN ZHYWYU.

4. Voskobulova N. I., Vereshchagina A. S., Uraskulov R. Sh. Influence of pea sowing timing on the use of productive moisture // Bulletin of the Orenburg State Agrarian University. – 2020. – No. 2(82). – P. 72-75. – DOI 10.37670/2073-0853-2020-82-2-72-75. – EDN PFMMEQ.

5. Garmashov V. M., Kryachkova M. P., Govorov V. N. Food regime with minimal primary tillage for peas // Actual problems of soil science, ecology and agriculture: collection of reports of the XX International scientific and practical conference of the Kursk branch of the IPO "Society of Soil Scientists named after V.V. Dokuchaev". - Kursk: Kursk Federal Agrarian Scientific Center, 2025. - Pp. 76-81. - EDN NYNESP.

6. Davletov F. A., Gainullina K. P. Influence of seeding rates on the yield of pea grain in the conditions of the Cis-Ural steppe of the Republic of Bashkortostan // Agrarian science. - 2023. - No. 5. - Pp. 72-77. – DOI 10.32634/0869-8155-2023-370-5-72-77. – EDN XXVWSI.

7. Ismagilov R. R., Abdulvaleev R. R. Spatial variability of soil fertility on the relief // Modern problems of science and education. – 2015. – No. 1-2. – P. 287. – EDN TXUZFH.

8. Kuzminykh A. N., Musiryakova M. M. Yield of pea variety Rocket depending on the seeding rate and seed treatment with molybdenum // Bulletin of the Orenburg State Agrarian University. – 2024. – No. 5 (109). – P. 63-70. – DOI 10.37670/2073-0853-2024-109-5-63-70. – EDN HNWDSN.

9. Evaluation of varieties and lines of field pea (Pisum sativum l.) in the conditions of the educational and scientific center of the Bashkir State Agrarian University / I. Yu. Kuznetsov, A. M. Dmitriev, F. F. Avsakhov [et al.] // Bulletin of the Bashkir State Agrarian University. – 2024. – No. 4(72). – P. 29-35. – DOI 10.31563/1684-7628-2024-72-4-29-35. – EDN TUGKSK.

10. Patent No. 2827217 C1 Russian Federation, IPC A01C 21/00, A01B 79/02, C09K 17/06. Method for increasing soil fertility and productivity of agricultural crops: No. 2024105582: declared 04.03.2024: published 23.09.2024 / N. M. Trots, D. V. Vinogradov, Ya. A. Bakhmurov [et al.]; applicant Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Samara State Agrarian University". - EDN RYJZDS.

11. Petrov M. V., Toygildin A. L., Sharipova R. B. The influence of forest reclamation arrangement of agricultural landscapes on the accumulation of productive moisture and the yield of field crops // Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy. - 2025. - No. 2 (70). - P. 32-40. - DOI 10.18286 / 1816-4501-2025-2-32-40. - EDN MYLHQW.

12. Natural resources for crop formation on different relief elements / R. R. Ismagilov, R. N. Bulatov, R. R. Abdulvaleev [et al.] // Higher agronomic education in the Udmurt Republic is 55 years old: materials of the All-Russian scientific and practical conference dedicated to the 55th anniversary of the agronomic faculty. – Izhevsk: Izhevsk State Agricultural Academy, 2009. – Pp. 149-152. – EDN TVIVWX.

13. Creation of a high-yielding, technological variety of field pea (Pisumsativum L.) with valuable grain qualities / I. Yu. Kuznetsov, F. A. Davletov, A. M. Dmitriev [et al.] // International Journal of Agricultural Science and Education. – 2024. – No. 1(1). – Pp. 24-36. – EDN IJDYKJ.

14. Technology of cultivation of soybeans, vetch, chickpeas, and fodder beans in the Republic of Bashkortostan: recommendations / R. R. Ismagilov, R. B. Nurlygayanov, I. R. Khadyev [et al.]. – Ufa: Bashkir State Agrarian University, 2019. – 52 p. – ISBN 978-5-7456-0693-9. – EDN QHNECP.

15. Photosynthetic potential and productivity of grain legumes in the forest-steppe zone of the Middle Volga region / A. L. Toygildin, M. I. Podsevalov, R. A. Mustafina [et al.] // International Research Journal. – 2023. – No. 1(127). – DOI 10.23670/IRJ.2023.127.11. – EDN LJMQNZ.

16. Shakirzyanova, M. S. Adaptive properties of promising pea lines / M. S. Shakirzyanova, N. A. Shagaev // News of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. Agricultural Sciences. – 2024. – T. 3. No. 4(12). – pp. 15-20. – DOI 10.37313/2782-6562-2024-3-4-15-20. – EDN XROVTQ.

17. Koryagin Yu. V., Ivanov A. I., Koryagina N. V. The influence of biological preparations of the Rizotorfin-Ba group on the sowing qualities of pea seeds // Niva Povolzhya. – 2016. – No. 3(40). – P. 18-25. – EDN YPSMVJ.

18. Accelerating the breeding process and obtaining new hybrids of seed peas / R. Abdullina, F. Avsakhov, L. Gaysina [et al.] // AgroEcoInfo. – 2024. – Vol. 6, No. 66. – P. 12. – DOI 10.51419/202146612.. – EDN FUSCXW.

19. The effect of Sudan grass on the mixed sowing chemical composition of annual forage crops / I. Y. Kuznetsov, B. G. Akhiyarov, I. G. Asylbaev [et al.] // Journal of Engineering and Applied Sciences. – 2018. – Vol. 13, No. S8. – P. 6558-6564. – DOI 10.3923/jeasci.2018.6558.6564. – EDN YBQAOD.

20. Akhiyarov B.G., Islamgulov D.R., Abdulvaleev R.R., Akhiyarova L.M., Sotchenko D.Y. Agroecological testing of new hybrids of different maturity groups of corn in the conditions of the republic of Bashkortostan // Bio web of conferences. Les Ulis, 2025. P. 09002.

10.52671/26867591_2026_1_18
УДК 633.47

ПРОДУКТИВНОСТЬ КУКУРУЗЫ ГИБРИДА ШИХАН В УСЛОВИЯХ БУГУЛЬМИНСКО-БЕЛЕБЕЕВСКОЙ ПЛАТООБРАЗНОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ НОРМЫ ВЫСЕВА И ЭКСПОЗИЦИИ СКЛОНА

АБДУЛВАЛЕЕВА Г.Р.[1], аспирант
АХИЯРОВ Б.Г. [1], канд. с.-х. наук, доцент
АБДУЛВАЛЕЕВ Р.Р.[1], д-р с.-х. наук, доцент
АХИЯРОВА Л.М.[1], канд. с.-х. наук, ст. науч. сотрудник
ЧЕРКАШИНА А.Г.[2], д-р с.-х. наук, профессор
[1]Башкирский государственный аграрный университет, г. Уфа, Россия
[2]Арктический государственный агротехнологический университет, г. Якутск, Россия

PRODUCTIVITY OF SHIKHAN HYBRID CORN IN THE CONDITIONS OF THE BUGULMA-BELEBEEVSKAYA PLATEAU UPLIFT DEPENDING ON THE SEEDING RATE AND SLOPE EXPOSURE

ABDULVALEEVA G.R.[1], postgraduate student
AKHIYAROV B.G. [1], Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor
ABDULVALEEV R.R.[1], Doctor of Agriculture Science, Associate Professor
AKHIYAROVA L.M.[1], Candidate of Agricultural Sciences, Senior researcher
CHERKASHYNA A.G.[2], Doctor of Agriculture Science, Professor
[1]Bashkir State Agrarian University, Ufa, Russia
[2]Arctic State Agrotechnological University, Yakutsk, Russia

Аннотация. Бугульминско-Белебеевская платообразная возвышенность обладает уникальными физико-географическими характеристиками, такими как различная экспозиция склонов и типы почв. Именно поэтому адаптация технологических решений должна проводиться с учётом местных условий. Современные технологии требуют точного понимания влияния таких факторов, как норма высева и направление наклона участка, на урожайность и качество зелёной массы и зерна кукурузы. Правильный выбор этих параметров может существенно повлиять на экономическую эффективность предприятий. Сегодняшние рынки предъявляют всё более строгие требования к качеству сельскохозяйственной продукции. Важно понимать, каким образом изменяется химический состав зерна и зелёной массы кукурузы в зависимости от выбранных агротехнологических приемов. Изменение климатических условий требует новых подходов к ведению сельского хозяйства. Исследования помогают адаптироваться к таким изменениям, предлагая решения для устойчивого производства кукурузы даже в неблагоприятных погодных ситуациях. Рельеф поля оказывает значительное влияние на продуктивность гибрида Шихан кукурузы за счёт воздействия на микроклиматические условия и свойства почвы. Урожайность увеличивается с увеличением нормы высева до определенного предела. Оптимальная норма высева составляет около 80 тысяч штук семян на гектар, при которой средняя урожайность достигает максимальных значений (около 43,78 тонн на гектар). Дальнейшее увеличение нормы высева ведет к снижению урожайности, вероятно, из-за конкуренции растений за свет, воду и питательные вещества. Экспозиция также играет важную роль в формировании урожая. Нижняя часть склонов характеризуется наибольшими значениями урожайности во всех вариантах норм высева. Это связано с лучшими условиями увлажнения и накопления питательных веществ в почве. Верхняя часть склонов показывает наименьшую урожайность, что объясняется худшими условиями водоснабжения и менее плодородной почвой. Материалы, представленные в статье, получены в рамках реализации программы развития ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ программы «Приоритет-2030».

Ключевые слова: кукуруза, зерно, урожайность, высота снежного покрова, плотность снежного покрова, запасы воды, агроландшафт, склон, южная экспозиция, часть склона, рельеф поля.

Abstract. *The Bugulma-Belebeevskaya plateau has unique physical and geographical characteristics, such as varying slope aspects and soil types. Therefore, adapting technological solutions to local conditions is essential. Modern technologies require a precise understanding of the impact of factors such as seeding rate and slope direction on the yield and quality of green mass and corn grain. Correctly selecting these parameters can significantly impact the economic efficiency of enterprises. Today's markets are increasingly demanding the quality of agricultural products. It is important to understand how the chemical composition of corn grain and green mass changes depending on the chosen agricultural practices. Changing climate conditions require new approaches to farming. Research helps adapt to these changes, offering solutions for sustainable corn production even in adverse weather conditions. Field topography significantly influences the productivity of the Shihan corn hybrid by influencing microclimatic conditions and soil properties. Yield increases with increasing seeding rate, up to a certain limit. The optimal seeding rate is approximately 80,000 seeds per hectare, at which average yields reach their maximum (approximately 43.78 tons per hectare). Further increases in seeding rates lead to yield reductions, likely due to plant competition for light, water, and nutrients. Aspect ratio also plays a significant role in yield formation. Lower slopes exhibit the highest yields across all seeding rate options. This is due to better moisture conditions and nutrient accumulation in the soil. Upper slopes exhibit the lowest yields, which is explained by poorer water supply and less fertile soil. The materials presented in the article were obtained as part of the implementation of the development program of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Bashkir State Agrarian University of the Priority-2030 program*

Keywords: *corn, grain, yield, snow depth, snow density, water reserves, agricultural landscape, slope, southern exposure, part of slope, field relief.*

Введение.

Бугульминско-Белебеевская платообразная находятся в Приуральском регионе и охватывают значительную площадь на стыке республик Татарстан и Башкортостан, а также прилегающие области Самары и Оренбурга. Возвышенность простирается вдоль рек Белая и Ашкадар, начинаясь у берегов Камы и продолжаясь на восток почти на 400

километров, направляясь к Уральскому хребту близ города Кумертау. Эта область представляет собой типичный пример холмистых образований с резкими изменениями высот, достигающими от 370 метров над уровнем моря вблизи Бугульмы до 420 метров возле Белебея. Долина реки Дема разделяет её на две крупные части, одна из которых известна как Стерлибашевско-Федоровская зона, характеризующаяся средними высотами от 300 до 400 метров. Однако существуют отдельные возвышения, превышающие 460 метров, например, у деревни Смородиновка на границе Миякинского и Стерлибашевского районов, а близ села Стерлибашево высота приближается к рекордным отметкам в 480 метров.

Повышенный интерес к производству кукурузы: кукуруза является одной из важнейших сельскохозяйственных культур, играющей ключевую роль в обеспечении продовольствием населения и животных. Её производство должно соответствовать современным требованиям рынка и потребностям экономики.

Такие особенности рельефа создают уникальные условия для сельскохозяйственного производства, обусловливая значительные различия в уровне солнечной освещённости, влажности почвы и температуры воздуха. Таким образом, правильное понимание воздействия рельефа и ориентации склонов становится ключевым фактором успешного земледелия. Правильный подбор комбинаций гибридов и агротехнологий позволяет эффективно компенсировать недостатки отдельных типов рельефа и повысить общие качественные показатели продукции.

Таким образом, исследование влияния нормы высева и экспозиции склонов на урожайность и качество кукурузы гибрида «Шихан» в условиях Бугульминско-Белебеевской платообразной возвышенности актуально и востребовано как для науки, так и для практики сельского хозяйства.

Целью данного исследования является анализ продуктивности нового гибрида (Шихан) кукурузы в зависимости от нормы высева на разных экспозициях склона. Для достижения этой цели были поставлены следующие задачи: во-первых, исследовать влияние различных типов рельефа на продуктивность гибрида кукурузы от нормы высева; во-вторых, определить роль экспозиции склонов в росте и развитии растений кукурузы [2,4].

Научная новизна исследования заключается в систематическом анализе взаимосвязи между рельефом, экспозицией склонов и продуктивностью гибридов кукурузы. В отличие от предыдущих исследований, данная работа фокусируется на комплексном подходе, учитывающем как микроклиматические условия, создаваемые рельефом, так и адаптивные характеристики различных гибридов кукурузы. Это позволяет предложить более точные рекомендации для практического применения в сельском хозяйстве [5,9].

Южные и восточные склоны демонстрируют большую освещенность и тепло, что позитивно сказывается на росте растений и повышении урожайности. Северная и западная стороны характеризуются меньшей эффективностью использования солнечного света и хуже удерживают влагу, что снижает потенциальную производительность. Характер рельефа влияют на распределение осадков и дренаж, определяя общий гидробаланс полей.

Полученные результаты подчеркивают важность учета рельефа и ориентации склонов при разработке агроэкологических карт и составлении планов посадочных работ. Предложенные методики могут способствовать дальнейшему развитию рациональных схем землепользования, повышению производительности и устойчивости агропроизводства в регионах с аналогичными ландшафтными особенностями. Это приобретает особую актуальность в условиях глобальных изменений климата и постоянного увеличения потребности в продуктах питания.

Материалы и методы исследований.

Выбор экспериментальных площадок является ключевым этапом в планировании исследований, направленных на изучение продуктивности гибридов кукурузы. Основными критериями при выборе участков для экспериментов стали разнообразие рельефа и экспозиции склонов, что позволяет учитывать влияние этих факторов на урожайность. Участки были выбраны так, чтобы они представляли собой типичные агроландшафты с различными характеристиками рельефа – от равнинных до холмистых областей. Также учитывались климатические условия, типы почв и их плодородие, что обеспечивает репрезентативность полученных данных. Эти критерии позволяют проводить исследования в условиях, приближенных к реальным производственным ситуациям, и получать результаты, которые могут быть применены на практике. Исследования проводились с 2023-2025 годы в ландшафтно-полевом севообороте, заложенного для изучения продуктивности кукурузы в зависимости от экологических факторов и агроландшафтных условий в Альшеевском районе Республики Башкортостан в рамках реализации программы развития ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ программы «Приоритет-2030».

Результаты исследований.

Анализ погодных условий в Белебеевской возвышенности Республике Башкортостан показал, что в 2023 году погода на весенне-летний сезон, среднесуточная температура была в пределах климатических норм для каждого месяца в мае - около +11...+14°С, в июне — +15...+19°С, повышение средней температуры в августе на +1 °С. В 2024 году среднегодовая температура воздуха составила +4,2°С, что на 0,6°С выше климатической нормы. Самый теплый месяц – апрель (+5,7°С выше нормы), самый холодный – май (-3,8°С ниже нормы). Осенью сохранялась тенденция теплой погоды с положительной температурной аномалией. В 2025 году среднегодовая температура близкой к средним показателям региона +0,3...+2,8°С.

В 2023 году осадки были в пределах нормы

практически каждый месяц. Общее годовое количество осадков обычно варьируется 320 мм.

В 2024 год отмечен значительным переизбытком осадков – 121% от нормы. Лето стало одним из самых влажных за последние три десятилетия. Наибольшее количество осадков выпало в июле (до 2,5 месячных норм) и августе (186%). Эти события привели к улучшению гидрологической ситуации снижению уровня почвенной засухи.

В 2025 году среднее годовое количество осадков остается повышенным превышение было на 180 %.

Погода здесь отличается некоторой нестабильностью, особенно весной и осенью, когда возможны резкие колебания температуры и количества осадков. Общая картина последних трёх лет показывает небольшой рост среднегодовой температуры и увеличение влажности в тёплое время года, что положительно сказывается на сельском хозяйстве. Однако такие изменения требуют постоянного мониторинга для предотвращения возможных негативных последствий.

Для анализа благоприятности условий для выращивания кукурузы в Республике Башкортостан рассмотрим основные факторы, влияющие на урожайность культуры: температуру, количество осадков и продолжительность теплого сезона. Таким образом, если оценивать исключительно агроклиматические условия, лучшим годом для кукурузы становится именно 2024.

Таблица 1 – Урожайность зеленой массы кукурузы гибрида Шихан разной экспозиции склона, т/га (УНЦ ААПК, поле № 2)

Норма высева	Часть склона	Урожайность зеленой массы, т/га			
		2023 год	2024 год	2025 год	среднее за 2023-2025 годы
65 тыс. шт./га	Выровненный участок поля (К)	18,08	22,68	19,03	19,93
	Верхняя	24,57	29,17	25,52	26,42
	Середина	28,45	33,05	29,4	30,3
	Нижняя	30,67	35,27	31,62	32,52
70 тыс. шт./га	Выровненный участок поля (К)	36,21	40,81	37,16	38,06
	Верхняя	33,57	38,17	34,52	35,42
	Середина	35,81	40,41	36,76	37,66
	Нижняя	38,04	42,64	38,99	39,89
75 тыс. шт./га	Выровненный участок поля (К)	36,76	41,36	37,71	38,61
	Верхняя	35,07	39,67	36,02	36,92
	Середина	36,72	41,32	37,67	38,57
	Нижняя	39,8	44,4	40,75	41,65
80 тыс. шт./га	Выровненный участок поля (К)	41,93	46,53	42,88	43,78
	Верхняя	37,8	42,4	38,75	39,65
	Середина	41,57	46,17	42,52	43,42
	Нижняя	42,51	47,11	43,46	44,36
85 тыс. шт./га	Выровненный участок поля (К)	39,75	44,35	40,7	41,6
	Верхняя	35,61	40,21	36,56	37,46
	Середина	38,69	43,29	39,64	40,54
	Нижняя	43,67	48,27	44,62	45,52
90 тыс. шт./га	Выровненный участок поля (К)	31,5	36,1	32,45	33,35
	Верхняя	28,09	32,69	29,04	29,94
	Середина	31,8	36,4	32,75	33,65
	Нижняя	32,57	37,17	33,52	34,42
НСР 05	-	0,25	0,35	0,38	

Анализ урожайности зеленой массы кукурузы показал, что урожайность зеленой массы кукурузы зависит от двух факторов: нормы высева и экспозиции участка. Урожайность увеличивается с увеличением нормы высева до определенного предела. Оптимальная норма высева составляет около 80 тысяч штук семян на гектар, при которой средняя урожайность достигает максимальных значений (около 43,78 тонн на гектар). Дальнейшее увеличение нормы высева ведет к снижению урожайности, вероятно, из-за конкуренции растений за свет, воду и питательные вещества. Экспозиция также играет важную роль в формировании урожая. Нижняя часть склонов характеризуется наибольшими значениями

урожайности во всех вариантах норм высева. Это связано с лучшими условиями увлажнения и накопления питательных веществ в почве. Верхняя часть склонов показывает наименьшую урожайность, что объясняется худшими условиями водоснабжения и менее плодородной почвой.

Таким образом, для достижения максимальной урожайности зеленой массы кукурузы рекомендуется: использовать норму высева около 80 тысяч штук семян на гектар, предпочитать нижние части склонов для посева, где условия роста наиболее благоприятны.

Таблица 2 – Урожайность зерна кукурузы гибрида Шихан разной экспозиции склона, т/га (УНЦ ААПК, поле № 2)

Норма высева	Часть склона	Урожайность зерна, т/га			
		2023 год	2024 год	2025 год	среднее за 2023-2025 годы
65 тыс. шт./га	Выровненный участок поля (К)	5,04	6,3	5,5	5,61
	Верхняя	4,26	5,52	4,72	4,83
	Середина	5,46	6,72	5,92	6,03
	Нижняя	5,82	7,08	6,28	6,39
70 тыс. шт./га	Выровненный участок поля (К)	5,92	7,18	6,38	6,49
	Верхняя	4,8	6,06	5,26	5,37
	Середина	5,86	7,12	6,32	6,43
	Нижняя	6,07	7,33	6,53	6,64
75 тыс. шт./га	Выровненный участок поля (К)	5,89	7,15	6,35	6,46
	Верхняя	5,16	6,42	5,62	5,73
	Середина	6	7,26	6,46	6,57
	Нижняя	6,52	7,78	6,98	7,09
80 тыс. шт./га	Выровненный участок поля (К)	8,15	9,41	8,61	8,72
	Верхняя	6,82	8,08	7,28	7,39
	Середина	8,19	9,45	8,65	8,76
	Нижняя	9,5	10,76	9,96	10,07
85 тыс. шт./га	Выровненный участок поля (К)	6,96	8,22	7,42	7,53
	Верхняя	6,16	7,42	6,62	6,73
	Середина	7	8,26	7,46	7,57
	Нижняя	9,64	10,9	10,1	10,21
90 тыс. шт./га	Выровненный участок поля (К)	6,66	7,92	7,12	7,23
	Верхняя	5,82	7,08	6,28	6,39
	Середина	6,8	8,06	7,26	7,37
	Нижняя	6,73	7,99	7,19	7,30
НСР 05	-	0,11	0,13	0,14	

Исследование показало значительное влияние как нормы высева, так и особенностей рельефа участка на формирование урожайности зерна кукурузы.

Влияние нормы высева на урожайность зерна возрастает с увеличением нормы высева вплоть до определенной точки, после которой дальнейшее повышение густоты стояния отрицательно сказывается на урожае кукурузы. Максимальное значение среднего показателя урожайности было достигнуто при норме высева 80 тыс. шт./га – 8,72 т/га. Повышение плотности посева до 85 и далее до 90 тыс. шт./га привело к постепенному снижению средних показателей урожайности до 7,53 и 7,23 т/га соответственно. Причина такого эффекта заключается в повышенной конкуренции растений за свет, питательные элементы и водоснабжение.

Влияние экспозиции склонов оказала выраженное воздействие на величину урожайности. Среди изученных зон выявлена следующая закономерность, максимальная урожайность зерна кукурузы отмечалась на нижних частях склонов благодаря лучшему обеспечению влагой и повышенным содержанием гумуса и минеральных элементов в верхнем горизонте почвы. Средняя урожайность зерна здесь составила 10,07 т/га при норме высева 80 тыс. шт./га. Далее следуют выровненные участки поля (контроль), где средний показатель составил 8,72 т/га зерна при той же норме высева. Самые низкие показатели были зафиксированы на верхней части склонов, испытывающих дефицит влаги и содержащие меньший запас питательных веществ. Здесь средние

значения составляли лишь 7,39 т/га зерна даже при самой плотной посадке.

Выбор оптимальной нормы высева кукурузы, наиболее целесообразной считается норма при густоте стояния растений 80 тыс. шт./га, обеспечивающая наивысшие показатели урожайности. Рекомендуется отдавать предпочтение полям с ровным рельефом либо выбирать нижнюю часть склонов, где условия для формирования высоких урожаев оптимальны. Достаточное обеспечение водой и питанием: Необходимо уделять внимание влагообеспеченности, поскольку разница в доступности воды оказывает существенное влияние на конечную продуктивность растения.

Микроклиматические условия, такие как температура, влажность воздуха и почвы, играют важнейшую роль в процессах роста и развития кукурузы. Они непосредственно влияют на скорость фотосинтеза, активность метаболизма и, следовательно, на формирование урожайности. Согласно данным ФАО, наиболее благоприятным температурным диапазоном для активной фотосинтетической деятельности кукурузы является интервал от 24 до 30 °C. При таких температурах растения способны максимально эффективно поглощать солнечную энергию и углекислый газ, синтезируя необходимые органические соединения.

Оптимальная влажность почвы и воздуха улучшает процессы корневого питания и транспирации, что также благотворно сказывается на общей физиологии растений. Важнейшим элементом успеха является и качественная структура почвы, обеспечивающая хорошие условия для корней и равномерного распределения влаги.

Качество кукурузного силоса определяется наличием достаточного количества зерна, богатого ценными компонентами, такими как белок и крахмал. Проведённые исследования подтвердили прямую связь между качеством зерна и экспозицией склонов. Различные уровни освещённости, влажности и тепловой нагрузки на разных сторонах склонов влияют на процесс созревания зерна и его качественный состав, делая необходимым учет топографии при планировании агротехнических мероприятий.

Таблица 3 – Содержание протеина в зерне кукурузы гибрида Шихан в зависимости от нормы высева в разной экспозиции склона (УНЦ ААПК, поле № 2)

Норма высева	Часть склона	Содержание протеина, %			
		2023 год	2024 год	2025 год	среднее за 2023-2025 годы
65 тыс. шт./га	Выровненный участок поля (К)	9,0	10,3	9,6	9,6
	Верхняя	9,2	10,5	9,8	9,8
	Середина	8,3	9,6	8,9	8,9
	Нижняя	6,7	8,0	7,3	7,3
70 тыс. шт./га	Выровненный участок поля (К)	9,3	10,6	9,9	9,9
	Верхняя	9,5	10,8	10,1	10,1
	Середина	8,6	9,9	9,2	9,2
	Нижняя	7,0	8,3	7,6	7,6
75 тыс. шт./га	Выровненный участок поля (К)	9,7	11,0	10,3	10,3
	Верхняя	9,9	11,2	10,5	10,5
	Середина	9,0	10,3	9,6	9,6
	Нижняя	7,4	8,7	8,0	8,0
80 тыс. шт./га	Выровненный участок поля (К)	9,9	11,2	10,5	10,5
	Верхняя	10,1	11,4	10,7	10,7
	Середина	9,2	10,5	9,8	9,8
	Нижняя	7,6	8,9	8,2	8,2
85 тыс. шт./га	Выровненный участок поля (К)	10,1	11,4	10,7	10,7
	Верхняя	10,4	11,7	11,0	11,0
	Середина	9,0	10,3	9,6	9,6
	Нижняя	7,4	8,7	8,0	8,0
90 тыс. шт./га	Выровненный участок поля (К)	9,7	11,0	10,3	10,3
	Верхняя	10,0	11,3	10,6	10,6
	Середина	8,6	9,9	9,2	9,2
	Нижняя	7,0	8,3	7,6	7,6
НСР 05	-	0,2	0,3	0,2	

Исследования показали зависимость качества зерна кукурузы (процентное содержание протеина) от нормы высева и географического размещения участка. Эти факторы оказывают заметное влияние на биохимический состав продукта, что имеет важное значение для оценки кормовых качеств культуры.

Увеличение нормы высева способствовало повышению содержания протеина в зернах кукурузы практически во всех исследованных зонах. Однако при достижении определённой плотности посева (более 80 тыс. шт./га) рост концентрации белка стабилизировался и даже незначительно снизился при переходе к самой высокой норме (90 тыс. шт./га). Минимальное содержание протеина наблюдалось при минимальной норме высева (65 тыс. шт./га) – примерно 9,6%. Наибольшее количество протеина зафиксировано при норме высева 85 тыс. шт./га – 10,7% в среднем за период исследований.

Расположение участка относительно поверхности земли заметно влияет на качество зерна. Высокое содержание протеина характерно для верхней части склонов, тогда как самая низкая концентрация белка обнаруживалась в зоне нижней части. Верхняя часть склонов демонстрирует стабильно высокое содержание протеина независимо от нормы высева, варьируясь от 10,1% до 11,0%. Вероятно, это обусловлено лучшей аэрацией почвы и улучшенными условиями фотосинтеза. Напротив, нижняя часть склонов отличается минимальным уровнем белка в зерне (от 7,3% до 8,2%). Низкая инсоляция и избыточная влажность могли негативно сказываться на процессе синтеза белков.

Использование повышенных норм высева (до 85 тыс. шт./га) способствует увеличению процентного содержания протеина в зерне, повышая кормовые достоинства выращиваемого сырья. При выборе участков для посева следует учитывать профиль местности: верхние части склонов предпочтительны для качественного зерна, в то время как нижние зоны целесообразно применять для целей, где требования к качеству зерна не столь критичны.

Таблица 4 – Содержание крахмала в зерне кукурузы гибрида Шихан в зависимости от нормы высева в разной экспозиции склона (УНЦ ААПК, поле № 2)

Норма высева	Часть склона	Содержание крахмала, %			
		2023 год	2024 год	2025 год	среднее за 2023-2025 годы
65 тыс. шт./га	Выровненный участок поля (К)	57,6	60,3	58,8	58,9
	Верхняя	58,2	60,9	59,4	59,5
	Середина	54	56,7	55,2	55,3
	Нижняя	51,7	54,4	52,9	53
70 тыс. шт./га	Выровненный участок поля (К)	59,1	61,8	60,3	60,4
	Верхняя	59,7	62,4	60,9	61
	Середина	55,5	58,2	56,7	56,8
	Нижняя	53,2	55,9	54,4	54,5
75 тыс. шт./га	Выровненный участок поля (К)	63,3	66	64,5	64,6
	Верхняя	63,9	66,6	65,1	65,2
	Середина	59,7	62,4	60,9	61
	Нижняя	57,4	60,1	58,6	58,7
80 тыс. шт./га	Выровненный участок поля (К)	65,4	68,1	66,6	66,7
	Верхняя	66	68,7	67,2	67,3
	Середина	61,8	64,5	63	63,1
	Нижняя	59,5	62,2	60,7	60,8
85 тыс. шт./га	Выровненный участок поля (К)	66,5	69,2	67,7	67,8
	Верхняя	67,7	70,4	68,9	69
	Середина	59,7	62,4	60,9	61
	Нижняя	57,4	60,1	58,6	58,7
90 тыс. шт./га	Выровненный участок поля (К)	64,3	67	65,5	65,6
	Верхняя	65,5	68,2	66,7	66,8
	Середина	57,5	60,2	58,7	58,8
	Нижняя	55,2	57,9	56,4	56,5
НСР 05	-	2,1	2,2	2,3	

Проведённые исследования выявили чёткую взаимосвязь между нормами высева, характеристиками рельефа участка и концентрацией крахмала в зерне кукурузы. Этот аспект особенно важен для оценки энергетической ценности зерновых культур, используемых в качестве фуража или пищевого сырья.

Рост нормы высева прямо пропорционален накоплению крахмала в зерне до определённого порога. При нормах высева от 65 до 85 тыс. шт./га среднее содержание крахмала возрастало с 58,9% до 67,8%, демонстрируя значительный положительный эффект. Превышение порогового значения (90 тыс. шт./га) приводило к незначительному снижению крахмалистости до 65,6%, что свидетельствует о наличии оптимального диапазона густоты посева.

Положение рельефа участка также играет существенную роль в формировании биологического состава зерна. Обнаружено, что верхняя часть склонов обеспечивает самое высокое содержание крахмала среди всех исследуемых зон. Примечательно, что в контрольных выровненных участках уровень крахмала также остаётся высоким. Напротив, в нижних частях склонов отмечается минимальное содержание крахмала, которое колеблется в пределах 53–58,7%.

Для увеличения содержания крахмала в зерне важно соблюдать оптимальный режим высева – 75–85 тыс. шт./га, гарантирующий максимальный выход крахмального компонента. Подбирая участки для засевания, следует отдавать предпочтение верхним частям склонов и плоским территориям, обеспечивая наилучшие условия освещения и водообеспечения, необходимые для активного синтеза крахмала.

Обобщив полученные данные, можно заключить, что грамотно подобранная плотность посева и выбор подходящей местности способствуют достижению высокого уровня крахмалистости зерна кукурузы. Реализация предложенных рекомендаций позволит обеспечить продукцию высокопитательным сырьем, пригодным для эффективного использования в пищевой промышленности и сельском хозяйстве Республики Башкортостан.

Выводы.

Представленные результаты подтверждают необходимость тщательного учета как агротехнических мер (норма высева), так и природных характеристик территории (рельеф, экспозиция склонов) при организации процесса производства кукурузы. Их использование обеспечит стабильные высокие урожаи, минимизирует потери ресурсов и повысит рентабельность производства продукции из кукурузы.

Список литературы

1. Киричко Я.Ф. Эффективность сортов кукурузы в условиях разного рельефа // Научные труды Кубанского университета. – 2013. – № 1. – С. 41-46.

2. Абдулвалеев, Р.Р. Распределение снежного покрова в зависимости от рельефа поля // Аграрная наука в инновационном развитии АПК: материалы междунар. науч.-практ. конф. в рамках Междунар. спец. выставки «Агрокомплекс – 2015». – Уфа: Башкирский ГАУ, 2015. – С. 3-6.

3. Калашников А.И. Биометод в технологической цепочке: почва – кукуруза – корова – молоко // Аграрная наука. – 2019. – № 10. – С. 56-58.

4. Формирование урожая гибридов кукурузы в условиях Республики Башкортостан / Б.Г. Ахияров, Б.Н. Сотченко, Р.Р. Абдулвалеев [и др.] // Пермский аграрный вестник. – 2020. – № 1 (29). – С. 28-37.

5. Савицкая Т.А. Микроклимат и урожайность кукурузы // Агро XXI. – 2018. – № 12. – С. 43-48.

6. FAO Crop Production Guideline for Maize // Food and Agriculture Organization of the United Nations. – 2020.

7. Амлер Д.Р.Р. Кукуруза – определиться со сроками уборки // Новое сельское хозяйство. – 2012. – № 4. – С. 68-71.

8. Ширинян М. Х., Кильдюшкин В.М., Лесовая Г. М. Влияние рельефа агроландшафта на плодородие почвы и эффективность удобрений//Проблемы агрохимии и экологии. – 2009. – №2. – С.14-17.

9. Решетников Ю.С. Значение агрометеорологических условий для формирования урожая кукурузы // Проблемы региональной экологии. – 2017. – № 5. – С. 114-119.

10. Новикова А.Б. Продуктивность кукурузы в зависимости от структуры почвы и микроклимата // Российский журнал биотехнологии. – 2014. – № 4. – С. 28-33.

11. Биологические особенности гибридов кукурузы в условиях Республики Башкортостан / Ю.В. Сотченко, Е.Ф. Сотченко, Б.Н. Сотченко, Б.Г. Ахияров [и др.] // Теория и практика современной аграрной науки: сборник III национальной (всерос.) науч. конф. с междунар. участием. – 2020. – С. 283-287.

12. Баканова Е.В., Купреенко О.Н. Почва и кукуруза: взаимодействие и влияние на урожайность // Вестник Саратовского госагроуниверситета имени Н.И. Вавилова. – 2019. – № 10. – С. 25-31.

13. Сергеев А.М. Качественный силос из кукурузы: опыт и перспективы // Животноводство России. – 2015. – № 10. – С. 54-58.

14. Dos Santos A.L.F., Mechi I.A., Ribeiro L.M., Ceccon G. Photosynthetic and productive efficiency of off-season corn in the function of sowing dates and plant populations // Revista De Agricultura Neotropical. - 2018. - Vol. 5. - Iss. 4. - P. 52-60.

15. Akhiyarov B., Kuznetsov I., Alimgafarov R., Islamgulov D., Abdulvaleyev R. The influence of different seeding application rates and sowing time on maize hybrids' productivity in the conditions of the republic of bashkortostan's southern forest-steppe zone // Applied and Environmental Soil Science. 2021. Т. 2021. С. 4914508.

References

1. Kirichko Ya.F. Efficiency of corn varieties under different terrain conditions // Scientific works of Kuban University. - 2013. - No. 1. - Pp. 41-46.

2. Abdulvaleev, R.R. Distribution of snow cover depending on field relief // Agrarian science in the innovative development of the agro-industrial complex: materials of the international scientific and practical conference within the framework of the International specialized exhibition "Agrocomplex - 2015". - Ufa: Bashkir State Agrarian University, 2015. - Pp. 3-6.

3. Kalashnikov A.I. Biomethod in the technological chain: soil - corn - cow - milk // Agrarian science. - 2019. - No. 10. - Pp. 56-58. 4. Formation of the yield of corn hybrids in the conditions of the Republic of Bashkortostan / B.G. Akhiyarov, B.N. Sotchenko, R.R. Abdulvaleev [et al.] // Perm Agrarian Bulletin. - 2020. - No. 1 (29). - Pp. 28-37.

5. Savitskaya T.A. Microclimate and corn yield // Agro XXI. - 2018. - No. 12. - Pp. 43-48.

6. FAO Crop Production Guideline for Maize // Food and Agriculture Organization of the United Nations. - 2020.

7. Amler D.R.R. Corn - determining the harvesting timing // New Agriculture. - 2012. - No. 4. - Pp. 68-71.

8. Shirinyan M. Kh., Kildyushkin V. M., Lesovaya G. M. Influence of the relief of the agrolandscape on soil fertility and the efficiency of fertilizers // Problems of agrochemistry and ecology. - 2009. - No. 2. - P. 14-17.

9. Reshetnikov Yu. S. The importance of agrometeorological conditions for the formation of the corn crop // Problems of regional ecology. - 2017. - No. 5. - P. 114-119.

10. Novikova A. B. Corn productivity depending on the soil structure and microclimate // Russian Journal of Biotechnology. - 2014. - No. 4. - P. 28-33.

11. Biological features of corn hybrids in the conditions of the Republic of Bashkortostan / Yu. V. Sotchenko, E. F. Sotchenko, B. N. Sotchenko, B.G. Akhiyarov [et al.] // Theory and Practice of Modern Agricultural Science: Collection of the III National (All-Russian) Scientific Conference with International Participation. - 2020. - Pp. 283-287.

12. Bakanova E.V., Kupreenko O.N. Soil and Corn: Interaction and Impact on Yield // Bulletin of the Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. - 2019. - No. 10. - Pp. 25-31.

13. Sergeev A.M. High-Quality Corn Silage: Experience and Prospects // Animal Husbandry of Russia. - 2015. - No. 10. - Pp. 54-58.

14. Dos Santos A.L.F., Mechi I.A., Ribeiro L.M., Ceccon G. Photosynthetic and productive efficiency of off-season corn in the function of sowing dates and plant populations // Revista De Agricultura Neotropical. - 2018. - Vol. 5. - Iss. 4. - R. 52-60.

15. Akhiyarov B., Kuznetsov I., Alimgafarov R., Islamgulov D., Abdulvaleyev R. The influence of different seeding application rates and sowing time on maize hybrids' productivity in the conditions of the republic of bashkortostan's southern forest-steppe zone // Applied and Environmental Soil Science. 2021. T. 2021. P. 4914508.

10.52671/26867591_2026_1_26
УДК 632.951

ОЦЕНКА ИНСЕКТИЦИДНОЙ АКТИВНОСТИ КОМПОЗИЦИИ НА ОСНОВЕ ЛИМОНЕНА И МАТРИНА ПРОТИВ ТЛИ (*APHIDOIDEA*)

АСТАРХАНОВА Т. С.[1,2], д-р с.-х. наук, профессор
АСТАРХАНОВ И. Р.[2], д-р с.-х. наук, профессор
ТЕРЕНТЬЕВА Т. С.[1], ассистент
[1]Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы, г. Москва, Россия
[2]ФГБОУ ВО Дагестанский ГАУ, г. Махачкала, Россия

ASSESSMENT OF INSECTICIDAL ACTIVITY OF A COMPOSITION BASED ON LIMONENE AND MATRINE AGAINST APHIDES (APHIDOIDEA)

ASTARKHANOVA T. S.[1,2], Doctor of Agricultural Sciences, Professor
ASTARKHANOV I. R.[2], Doctor of Agricultural Sciences, Professor
TERENTYEVA T. S. [1], assistant
[1]Russian Peoples' Friendship University named after Patrice Lumumba, Moscow, Russia
[2]Dagestan State Agrarian University, Makhachkala, Russia

Аннотация. В статье представлены результаты исследований по оценке инсектицидной активности разработанных нами композиций на основе лимонена и матрина. *Матрин* – органическое вещество растительного происхождения, алкалоид семейства Мотыльковых (Бобовых), относящийся к группе лупиновых алкалоидов (алкалоиды группы лупинана). *Лимонен* – углеводород группы терпенов, содержащийся во многих эфирных маслах (в эфирных маслах цитрусовых до 90 % D-лимонена) и в скипидаре (4-6 % дипентена в

скипидаре из живицы сосны обыкновенной (Pinus sylvestris).

Объектом исследований служил основной вредитель – тля (*Aphidoidea*), относящийся к отряду равнокрылых хоботных (*Homoptera*), семейству настоящих тлей (*Aphididae*), на овощах закрытого грунта. Приведены результаты оценки инсектицидной активности различных соотношений: 60 г/л лимонен + 10 г/л матрина и 240 г/л лимонен + 40 г/л матрина. Обработки проводились через каждые 7 дней 5-кратно в течение вегетационного периода из расчета 3л рабочей жидкости на 1 га. Исследованиями установлена, что наибольшая биологическая эффективность композиции в соотношении 240 г/л лимонен +40 г/л матрин наблюдалась на 3 сутки после второй обработки, а для композиции 60 г/л лимонен + 10 г/л матрина – на 3 сутки после третьей обработки 100,0 %. По результатам испытаний возможно рекомендовать пятикратное применение растительных композиций на основе лимонена и матрина для защиты огурца от тли (*Aphidoidea*) в защищенном грунте после проведения регистрационных испытаний.

Ключевые слова: композиция; лимонен; матрин; оценка, соотношение; эффективность.

Abstract. *This article presents the results of studies evaluating the insecticidal activity of our developed compositions based on limonene and matrine. Matrine is an organic compound of plant origin, an alkaloid of the legume family (Fabaceae), belonging to the group of lupine alkaloids (alkaloids of the lupinane group). Limonene is a hydrocarbon of the terpene group, contained in many essential oils (in citrus essential oils, up to 90% D-limonene) and in turpentine (4-6% dipentene in turpentine from Scots pine (Pinus sylvestris) resin).*

The object of the study was the main pest, aphid (Aphidoidea), belonging to the order Homoptera, family Aphididae, on greenhouse vegetables. The results of an assessment of the insecticidal activity of various ratios are presented: 60 g/L limonene + 10 g/L matrine and 240 g/L limonene + 40 g/L matrine. Treatments were carried out every 7 days, 5 times during the growing season, at a rate of 3 liters of working fluid per 1 ha. The studies found that the greatest biological effectiveness of the composition was achieved in the ratio The response to 240 g/L limonene + 40 g/L matrine was observed on the 3rd day after the second treatment, and for the composition of 60 g/L limonene + 10 g/L matrine, on the 3rd day after the third treatment, 100.0%. Based on the test results, it is possible to recommend a five-fold application of plant compositions based on limonene and matrine for the protection of cucumbers from aphids (Aphidoidea) in protected soil after registration trials.

Keywords: *composition; limonene; matrine; score, ratio; efficiency.*

Актуальность. Растущая угроза заболеваний и загрязнение окружающей среды традиционными пестицидами привела к поиску возможностей применения и внедрения новых технологий и создания альтернативных продуктов. Особенно это важно для культур в защищенном грунте, где основными вредными фитофагами, наносящими ощутимый вред, являются тли, трипсы, паутинный клещ [1, 2].

Тли, встречающиеся на огурце, относятся к отряду равнокрылых хоботных (*Homoptera*), семейству настоящих тлей (*Aphididae*).). Они способствуют замедлению роста растений, при массовом заселении приводят к значительному снижению урожая [3- 5]. В настоящее время в борьбе с ним рекомендованы препараты на основе экзотоксинов штаммов *Bacillus thuringiensis*, синтетических аналогов природных соединений – аверсектинов, спор энтомопатогенных грибов. Важно отметить, что они имеют пониженный класс опасности, не требуют срока ожидания после обработки [6-9].

Растения синтезируют летучие соединения, такие как эфирные масла (ЭМ), которые выделяются в окружающую среду. Большинство ЭМ представляют собой сложную смесь монотерпенов, фенолов и сесквитерпенов [10-12]. Экстракты и ЭМ, полученные из растений, часто обладают токсичным действием против вредителей. Эфирное масло розмарина показало высокую эффективность в борьбе с тлей (*Aphidoidea*) или линалоолом, а монотерпен, содержащийся в большом количестве эфирных масел, показал себя как эффективное инсектицидное средство против некоторых вредителей [13-14]. Несмотря на рост исследований, посвящённых использованию эфирных масел в качестве растительных инсектицидов, количество доступных в настоящее время биоинсектицидов, регистрированных для применения на овощных культурах, невелико [15].

Таким образом, проведенные нами исследования по разработке композиции из растительных экстрактов для контроля роста и развития вредных объектов и экологизации защиты тепличной культуры в защищенном грунте, являются актуальными. Растительные композиции не требуют сроков ожидания после применения, и продукцию можно потреблять в свежем виде на второй день,

Материалы и методы исследований. Исследования проводили в 2025-2026 гг. на базе теплиц агробиотехнологического департамента РУДН. *Материалами* исследований служили растительные экстракты лимонена и матрина и огурец F1 Буран, партенокарпический гибрид (не требует опыления для завязывания плодов). Сорт ультраранний: от всходов до первого сбора урожая – 40 дней. Плоды длиной 8-12 см, густо покрыты бугорками. Мякоть – плотная, сочная, ароматная. Урожайность в 1-й световой зоне – 13.3 кг/м2, во 2-й – 11.1 кг/м2.

Матрин – органическое вещество растительного происхождения, алкалоид семейства Мотыльковых (Бобовых), относится к группе лупиновых алкалоидов (алкалоиды группы лупинана).

Лимонен – углеводород группы терпенов. Содержится во многих эфирных маслах (в эфирных маслах цитрусовых до 90 % D-лимонена) и в скипидаре (4-6 % дипентена в скипидаре из живицы сосны обыкновенной (Pinus sylvestris).

Объектом исследований был основной вредитель тля (*Aphidoidea*), относящийся к отряду равнокрылых хоботных (*Homoptera*), семейству настоящих тлей (*Aphididae*). Агротехника выращивания и уход за растениями огурца соответствовали общепринятой для тепличных комбинатов в овощеводстве защищённого грунта и защите растений методика.

Разработанная нами композиции в соотношении 60 г/л лимонена + 10 г/л матрина и 240 г/л лимонена + 40г/л матрина применяли путем обработки в период вегетации пятикратно через каждые 7 дней, исходя из расчета 3л рабочей жидкости на 1 га. Оба варианта нарабатывались в лаборатории АТИ РУДН. Эффективность композиций сравнивали с растениями огурца с применением в качестве эталона пестицида на основе растительного экстракта нима, Ойкос, КЭ (25г/л азадирахтина) и без применения препаратов.

Опыт закладывали по следующей схеме:

1. Опрыскивание композицией в соотношении 60 г/л лимонен + 10 г/л матрина – 5-кратно через каждые 7 дней.
2. Опрыскивание композицией в соотношении 240 г/л лимонен + 40 г/л матрина – 5-кратно через каждые 7 дней.
3. Опрыскивания эталоном Ойкос, КЭ в норме 1,5 л/га – 5-кратно через каждые 7 дней.
4. Контроль – опрыскивание водопроводной водой;

Повторность вариантов опыта трёхкратная. В каждой повторности наблюдения вели на 10 модельных растениях. Расположение делянок последовательное в 1 ярус, Схема посадки 40х70 см.

Результаты и их обсуждение. Оценку инсектицидной активности разных соотношений композиции на основе лимонена и матрина против тли (*Aphidoidea*) на растениях огурца оценивали исходя из данных по динамике средней численности имаго и личинок на листьях огурца (табл. 1). Снижение численности тли (*Aphidoidea*) на огурце на 3 сутки после первой обработки составляло 63,9 % в варианте с применением композиции в соотношении 60 г/л лимонен + 10 г/л матрина. В варианте соотношения 240г+40 г биологическая эффективность была на уровне 80,8 %. Биологическая эффективность эталонного варианта Ойкос, КЭ, (25г/л азадирахтина) составила – 83,2 %, что было больше, чем в вариантах с применением композиции в обоих соотношениях лимонена и матрина (табл. 1). На 7 сутки после первой обработки биологическая эффективность в варианте соотношения растительных экстрактов лимонена и матрина 60+10г увеличилась и была равна 85,3 %. В варианте соотношения 240г+40 г биологическая эффективность была на 12,4 % больше. В эталонном варианте Ойкос, КЭ, (25г/л азадирахтина) была зафиксирована максимальная биологическая эффективность – 100,0 %. На 3 сутки после 2-й обработки в варианте с применением композиции в соотношении 240 г/л лимонен + 40 г/л матрина биологическая эффективность была на уровне эталона и составила 100,0%. В варианте с применением этого же препарата в 1 варианте биологическая эффективность была ниже на 6,7 %. На 7 сутки после второй обработки биологическая эффективность опытного варианта с большей концентрацией и эталона была максимальной – 100,0 %, а в варианте с применением композиции в соотношении 60 г/л лимонен + 10 г/л матрина – на 1,7 % меньше.

Таблица 1 – Снижение численности имаго и личинок тли (*Aphidoidea*) при использовании композиции из растительных экстрактов на огурце защищенного грунта

Варианты опыта	Нормы применения, л/га	Среднее число имаго и личинок на лист, шт.											
		до обр-ток	3 сутки после 1ой обр-ки	7 сутки после 1ой обр-ки	3 сутки после 2ой обр-ки	7 сутки после 2ой обр-ки	3 сутки после 3ей обр-ки	7 сутки после 3ей обр-ки	3 сутки после 4ой обр-ки	7 сутки после 4ой обр-ки	3 сутки после 5ой обр-ки	7 сутки после 5ой обр-ки	14 сутки после 5ой обр-ки
60 г/л лимонен + 10 г/л матрина	3,0	19,6	7,5	3,2	1,5	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
60 г/л лимонен + 10 г/л матрина	3,0	19,3	240+40	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ойкос, КЭ, (25г/л азадирахтина)	1,5 л	19,5	3,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,5
Контроль	-	19,7	20,8	21,7	22,4	23,0	23,6	23,9	24,6	25,2	25,8	26,3	27,7
НСР05	-	0,9	0,11	0,12	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,14	0,14	0,14

Таблица 2 - Биологическая эффективность композиции из растительных экстрактов в борьбе с тлей (*Aphidoidea*) на огурце защищенного грунта

Варианты опыта	Нормы применения, г/га	Биологическая эффективность, %										
		3 сутки после 1ой обр-ки	7 сутки после 1ой обр-ки	3 сутки после 2ой обр-ки	7 сутки после 2ой обр-ки	3 сутки после 3ей обр-ки	7 сутки после 3ей обр-ки	3 сутки после 4ой обр-ки	7 сутки после 4ой обр-ки	3 сутки после 5ой обр-ки	7 сутки после 5ой обр-ки	14 сутки после 5ой обр-ки
60 г/л лимонен + 10 г/л матрина	3,0	63,9	85,3	93,3	98,3	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
60 г/л лимонен + 10 г/л матрина	3,0	80,8	97,7	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Ойкос, КЭ, (25г/л азадирахтин)	1,5 л	83,2	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	99,6	98,2
Контроль	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Учет, проведённый на 3 сутки после 3-й обработки и до окончания опыта, показал, что в вариантах с применением композиции 60 г/л лимонен + 10 г/л матрина и 240г+40 г биологическая эффективность была максимальной – 100,0 %. В этих вариантах вредитель не был отмечен. В эталонном варианте Ойкос, КЭ, (25г/л азадирахтина) биологическая эффективность так же была 100,0 %, однако, на 7 сутки после 5 обработки были отмечены единичные особи тли (*Aphidoidea*) и биологическая эффективность составила 99,6 %. На 14 сутки после 5 обработки в опытных вариантах биологическая эффективность оставалась на уровне 100,0 %, в эталоне была на 1,8 % ниже (табл.2).

Выводы.

По результатам проведенных испытаний можно сделать вывод о том, что растительная композиция на основе лимонена и матрина в соотношении 60 г/л лимонен + 10 г/л матрина и 240 г/л лимонена +40 г/л матрина являются эффективными против тли (*Aphidoidea*) на огурце защищенного грунта.

Наибольшая биологическая эффективность композиции в соотношении 240 г/л лимонен +40 г/л матрин наблюдалась на 3 сутки после второй обработки, а для композиции 60 г/л лимонен + 10 г/л матрина на 3 сутки после третьей обработки (100,0 %). По результатам испытаний возможно рекомендовать пятикратное применение растительных композиций на основе лимонена и матрина для защиты огурца от тли (*Aphidoidea*) в защищенном грунте после проведения регистрационных испытаний.

Исследование выполнено в рамках государственного задания ФГБОУ ВО «ЧГУ им А. Кадырова» (тема FEGS-2025-0001).

Список литературы

1. Астарханова Т. С., Абасова Т.И. Эффективность биологических средств защиты на основе растительных экстрактов в борьбе с паутинным клещом // Аграрная Россия. – № 6. – 2025. DOI: https://doi.org/10.30906/1999-5636-2025-6-21-25.

2. Исман М. Б. Растительные инсектициды, репелленты и отпугивающие средства в современном сельском хозяйстве и в мире, где всё больше внимания уделяется регулированию // Ежегодный обзор энтомологии. – 2006. – № 51. – С. 45–66. doi: 10.1146/annurev.ento.51.110104.151146

3. Исман М. Б. Пестициды на основе эфирных масел растений: фитохимические и практические аспекты» // Лекарственные и ароматические культуры: производство, фитохимия и использование / под ред. В. Д. Желязкова и К. Л. Кантрелла. – 2016. – С. 13-26. doi: 10.1021/bk-2016-1218.ch002.

4. Карими Дж., Дара С. К., Артурс С. Микробные инсектициды в Иране: история, текущее состояние, проблемы и перспективы // Invertebr. Pathol. – 2018. – № 165. – С. 67–73. doi: 10.1016/j.jip.2018.02.016

5. Маррон П. Г. (2019). Пестицидные натуральные продукты – текущее состояние и потенциал в будущем // Pest Manag. Sci. – № 75. – С. 2325–2340. doi: 10.1002/ps.5433

6. Инсектицидные свойства и эффективность растительных экстрактов // Т. С. Астарханова, И. Р. Астарханов, Т. И. Абасова [и др.] // Теоретические и прикладные проблемы АПК. – №2. – 2025. – С. 12-17.

7. Долженко В.И., Кармазин А.П., Астарханова Т.С. Пестициды и их действие на человека и окружающую среду // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. – 2023. – Т. 18. – №4. – С. 455-463. doi: 10.22363/2312-797X-2023-18-4-455-463

8. Инсектицидная активность наноэмульсии нима против белокрылки (Trialeurodes Vaporariorum West)/ Т.С. Астарханова, И.Р. Астарханов, Т.И. Абасова [и др.] // Селекция и семеноводство: новые вызовы и возможности, устойчивое развитие и продовольственная безопасность: сб. мат. V Междунар. науч. конф. – М.: 2025. – С. 274-278.

9. Аль-Мамури М.Х., Окбагабир Ш.Г., Пакина Е.Н., Заргар М. Биологическая эффективность экстракта прополиса для замедления роста фитопатогенов // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. – 2024. – Т. 19. – №4. – С. 592-601. doi: 10.22363/2312-797X-2024-19-4-592-60

10. Бадяну М., Дарабан Г. М. (2020). Проблемы использования растительных экстрактов в качестве натуральных средств защиты растений //Appl. Sci. – 2020. – № 10. – С. 8913. doi: 10.3390/app10248913.

13.Джалилов Ф.С. Биологические препараты против болезней растений // Картофель и овощи. – 2018. – № 8. – С. 2-6.

11.Астарханова Т.С., Абасова Т.И., Алибалаев Д.А Инсектицидная активность растительных экстрактов // Селекция и семеноводство: новые вызовы и возможности, устойчивое развитие и продовольственная безопасность: сборник материалов V Международной научной конференции. – М.: 2025. – С. 278 -284.

12. Астарханова Т. С., Астарханов И. Р., Абасова Т. И., Алибалаев Д. А. Эффективность биологических инсектицидов на основе эфирных масел в условиях защищенного грунта // Теоретические и прикладные проблемы АПК. – 2025. – №1. – С. 3-7.

13.Астарханова Т.С., Алибалаев Д.А. Эффективность биологических средств защиты на основе растительных экстрактов // Актуальные вопросы общества, науки и образования: сб. стат. XXI междунар. науч.-практ. конф.: в 2 ч. – Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение». – 2025. – Ч. 1. – С. 75-79.

14. Pascual-Villalobos, M. H., Castaño, C., Martín, F., López, M. D., Giraó, P., and Riudavets, H. (2021). (E)-

Anethole microspheres as an alternative insecticide for funnel traps. J. Stored Products Res. 93:101862. doi: 10.1016/j.jspr.2021.101862

15. Pascual-Villalobos, M. H., Giraud, P., Díaz-Baños, F. G., Cantó-Tejero, M., and Villora, G. (2019). "Oil-in-Water Nanoemulsion: 9 Compositions with Plant Active Ingredients," in Nanobiopesticides Today and Tomorrow, edited by O. Cole (London, UK: Academic Press), pp. 223-247. doi: 10.1016/B978-0-12-815829-6.00009-7

References

1. Astarkhanova T. S., Abasova T. I. Efficiency of biological pesticides based on plant extracts in the fight against spider mites // Agrarnaya Rossiya. - No. 6. - 2025. DOI: https://doi.org/10.30906/1999-5636-2025-6-21-25.

2. Isman M. B. Plant insecticides, repellents and deterrents in modern agriculture and in the world, where more and more attention is paid to regulation // Annual review of entomology. - 2006. - No. 51. - P. 45-66. doi: 10.1146/annurev.ento.51.110104.151146

3. Isman M. B. Pesticides based on plant essential oils: phytochemical and practical aspects // Medicinal and aromatic crops: production, phytochemistry and use / edited by V. D. Zhelyazkov and K. L. Cantrell. - 2016. - Pp. 13-26. doi: 10.1021/bk-2016-1218.ch002.

4. Karimi J., Dara S. K., Arthurs S. Microbial insecticides in Iran: history, current status, problems and prospects // Invertebr. Pathol. - 2018. - No. 165. - Pp. 67-73. doi: 10.1016/j.jip.2018.02.016

5. Marron P. G. (2019). Pesticidal natural products - current status and future potential // Pest Manag. Sci. - No. 75. - Pp. 2325–2340. doi: 10.1002/ps.5433

6. Insecticidal properties and efficiency of plant extracts // T. S. Astarkhanova, I. R. Astarkhanov, T. I. Abasova [et al.] // Theoretical and applied problems of the agro-industrial complex. - No. 2. - 2025. - Pp. 12–17.

7. Dolzhenko V. I., Karmazin A. P., Astarkhanova T. S. Pesticides and their effects on humans and the environment // Bulletin of the Peoples' Friendship University of Russia. Series: Agronomy and Animal Husbandry. – 2023. – Vol. 18. – No. 4. – P. 455-463. doi: 10.22363/2312-797X-2023-18-4-455-463

8. Insecticidal activity of neem nanoemulsion against whitefly (Trialeurodes Vaporariorum West) / T.S. Astarkhanova, I.R. Astarkhanov, T.I. Abasova [et al.] // Breeding and seed production: new challenges and opportunities, sustainable development and food security: collection of materials of the V International scientific conference. – Moscow: 2025. – P. 274-278.

9. Al-Mamuri M.Kh., Okbagabir Sh.G., Pakina E.N., Zargar M. Biological efficiency of propolis extract in inhibiting the growth of phytopathogens // Bulletin of Peoples' Friendship University of Russia. Series: Agronomy and Animal Husbandry. - 2024. - Vol. 19. - No. 4. - P. 592-601. doi: 10.22363/2312-797X-2024-19-4-592-60

10. Badyanu M., Daraban G.M. (2020). Problems of using plant extracts as natural plant protection products // Appl. Sci. - 2020. - No. 10. - P. 8913. doi: 10.3390/app10248913.

13. Dzhalilov F.S. Biological preparations against plant diseases // Potatoes and vegetables. - 2018. - № 8. - P. 2-6.

11. Astarkhanova T.S., Abasova T.I., Alibalaev D.A. Insecticidal activity of plant extracts // Breeding and seed production: new challenges and opportunities, sustainable development and food security: collection of materials of the V International scientific conference. - Moscow: 2025. - P. 278-284.

12. Astarkhanova T.S., Astarkhanov I.R., Abasova T.I., Alibalaev D.A. Efficiency of biological insecticides based on essential oils in protected ground conditions // Theoretical and applied problems of the agro-industrial complex. - 2025. - № 1. - P. 3-7.

13. Astarkhanova T.S., Alibalaev D.A. Efficiency of biological pesticides based on plant extracts // Current issues of society, science and education: collection of articles from the XXI international scientific-practical conference: in 2 parts. – Penza: MCNS "Science and Education". – 2025. – Part 1. – Pp. 75-79.

14. Pascual-Villalobos, M. H., Castaño, C., Martín, F., López, M. D., Giraó, P., and Riudavets, H. (2021). (E)-Anethole microspheres as an alternative insecticide for funnel traps. J. Stored Products Res. 93:101862. doi: 10.1016/j.jspr.2021.101862

15. Pascual-Villalobos, M. H., Giraud, P., Díaz-Baños, F. G., Cantó-Tejero, M., and Villora, G. (2019). "Oil-in-Water Nanoemulsion: 9 Compositions with Plant Active Ingredients," in Nanobiopesticides Today and Tomorrow, edited by O. Cole (London, UK: Academic Press), pp. 223-247. doi: 10.1016/B978-0-12-815829-6.00009-7

10.52671/26867591_2026_1_30
УДК 632.51:635.21

ЗАСОРЕННОСТЬ И КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА РАЗМЕЩЕНИЯ СОРНЫХ РАСТЕНИЙ В ПОСЕВАХ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ В УСЛОВИЯХ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

БАХМУДОВ Р.Б., канд. с.- х. наук, доцент
ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский ГАУ, г. Санкт-Петербург, Россия

WEEDINESS AND COMPLEX ASSESSMENT OF WEEDS DISTRIBUTION IN SPRING BARLEY CROPS IN THE LENINGRAD REGION

BAKHMUDOV R.B., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor
Saint-Petersburg State Agrarian University, Saint-Petersburg, Russia

Аннотация. В условиях ведения современного сельского хозяйства важно проводить не только количественный учет сорных растений, но и иметь информацию о пространственном расположении на полях, что позволяет использовать дифференцированный подход к применению гербицидов.

По результатам проведенных обследований опытного поля ООО «Семена Северо-Запада» Ленинградской области установлено, что посевы ярового ячменя сильно засорены 21 видами сорных растений, относящимися к 10 семействам. Высокая численность отмечена у малолетних видов сорных растений (ромашка непахучая, василек синий, горец птичий, горец вьюнковый, звездчатка средняя и др.). В структуре засорённости сорных растений малолетники составляли 58,0 экз./м^2 (78,4%), надземная масса – 62,2% (261,7 г/м^2); многолетники – 16,0 экз./м^2 (или 21,6%), надземная масса – 159,1 г/м^2 (или 37,8%). Пространственное размещение сорняков в посевах ярого ячменя было крайне неравномерно. Например, на участке № 1 средняя численность сорняков составляла 82 экз./м^2. Этот средний показатель составлен в результате трех количественных измерений в точках А – 42 экз./м^2; Б – 80 экз./м^2; В – 120 экз./м^2. Уровень засорённости почвы опытного поля семенами сорняков составил 172 шт. на 1000 г почвы, или 447,2 млн. шт. на 1 га, что соответствует очень высокой степени. Оценка засорённости в целом определяет возможность запланировать объем проводимых защитных мероприятий.

Ключевые слова*:* сорные растения, засорённость, пространственное размещение, запас семян, учет сорняков, видовой состав, пахотный слой, спрогнозировать засорённость.

Abstract. *In modern agriculture, it is important not only to quantify the number of weeds, but also to have information about their spatial distribution in the fields, which allows for a more targeted approach to the use of herbicides.*

According to the results of the surveys conducted on the experimental field of Seeds of the North-West LLC in the Leningrad Region, it was found that the spring barley crops were heavily infested with 21 species of weeds belonging to 10 different families. A high abundance was noted in juvenile species of weeds (odorless chamomile, blue cornflower, bird's knotweed, convolvulus knotweed, medium-sized asterisks, etc.). In the structure of weed infestation, juveniles accounted for 58.0 specimens/m2 (78.4%), above-ground mass 62.2% (261.7 g/m2); perennials - 16.0 specimens/m2 (or 21.6%), the above-ground mass is 159.1 g/m2 (or 37.8%). The spatial distribution of weeds in spring barley crops was extremely uneven. For example, on plot No. 1, the average number of weeds was 82 specimens/m2. This average indicator was compiled as a result of three quantitative measurements at points A - 42 specimens./ m2; B - 80 copies./m2; B - 120 copies/m2.

The level of weed seeds in the experimental field was 172 per 1000 g of soil, or 447.2 million per 1 ha, which corresponds to a very high level. The overall assessment of weed infestation determines the feasibility of planning protective measures.

Keywords: *weeds, infestation, spatial distribution, seed stock, weed accounting, species composition, arable layer, and prediction of infestation.*

Введение. Актуальность темы. Вредоносность сорных растений определяется численностью и величиной их надземной массы на единицу площади. Присутствие в посевах 100 -150 экз./м^2 сорняков может выносить из почвы до 140 кг/га N, 30 кг/га P и 140 кг/га. K [4]. В начале периода вегетации массовое появление всходов сорных растений предопределяет возможность сильного засорения посевов культур. В практике ведения сельского хозяйства принято использовать пороги вредоносности сорняков: фитоценотический, критический, экономический. Затраты на внесение гербицидов при низкой степени засорённости могут не оправдаться полученными доходами в виде дополнительного сохранённого урожая. И, наоборот, при высокой засорённости посевов отказ от применения гербицидов может привести к потере урожая. На сегодняшний день в существующих традиционных подходах гербициды используют по всей площади поля, что приводит в итоге к повышению издержек производства, загрязнению окружающей среды.

В концепции точного земледелия важное место отводится пространственному размещению сорных растений, благодаря которому можно достичь снижения гербицидной нагрузки на поля [10]. Неоднородность распространения сорных растений в пределах одного поля дает возможность использовать дифференцированный подход в борьбе с засорённостью. Неравномерное размещение сорных растений на сельскохозяйственных угодьях обусловлена несоблюдением севооборотов, пространственной неоднородностью показателей плодородия почвы, биологическими особенностями сорняков и др. [6,11,12,13]. Одним из факторов неоднородного характера засорённости поля можно отнести почву, где имеется определенный запас семян сорных растений [1,2,8,9,14,15]. Оценка запаса семян сорняков в пахотном слое почвы определенной степени позволяет спрогнозировать засорённость культуры. Исследователи отмечают, что на жизнеспособность семян в почве оказывают влияние природно-климатические, почвенные агрохимические условия, ведение севооборотов и гербициды [7,3,5].

Цель исследования. Изучить пространственную структуру засорённости в посевах ярового ячменя на дерново-карбонатных почвах Ленинградской области.

Материал и методы исследований. Объектом исследования служили сорные растения, их

пространственное размещение.

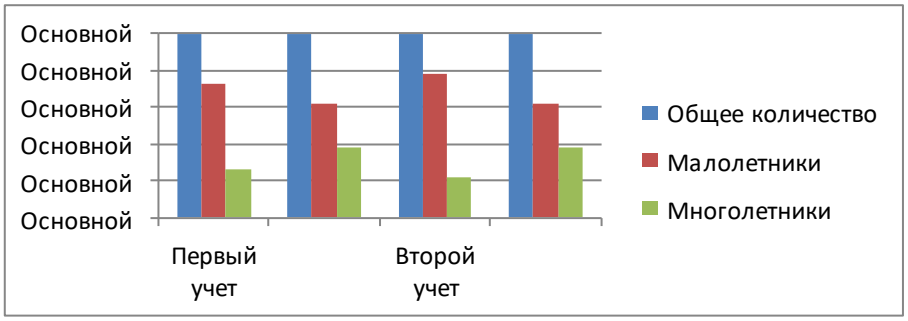
В 2022 - 2023 годы Ленинградской области (ООО «Семена Северо-Запада») проводили сбор информации о размещении сорных растений в посевах ярового ячменя для разработки оптимальных методов борьбы с засорённостью. Изучали видовой состав сорных растений, пространственное размещение на опытном участке. По данным видового состава сорных растений, оценке степени засорённости и распределение их в пространстве участка нами составлена карта засорённости поля. Посев культуры осуществляли узкорядным способом (междурядья – 10 см). Основную обработку почвы под яровой ячмень проводили весной на глубину 20-22 см и мелкую обработку на глубину 5-6 см. Сорные растения в посевах культуры представлены были 21 видами, относящимися к 10 семействам.

Учет сорных растений проводили количественно-весовым методом на учетной площадке 0,25 м^2, накладывая рамку 50 х 50 см диагонально вдоль участка. Для изучения пространственного размещения сорняков опытное поле площадью 1 га разделили на 16 участков размером 6,25 соток (20 х 31,5 м) каждый. На каждом участке в условных точках А, Б, В равноудалённо друг от друга проводили количественный учет сорных растений, давали оценку засорённости посевов. Степень присутствия семян сорных растений в пахотном слое почвы опытного поля изучали методом прикопки с помощью лопаты, путем отбора почвенных образцов в верхнем (0 – 10 см) и нижнем (10 – 20 см) слоях почвы. Количество образцов − 32 шт. (по 16 шт. образцов верхнего и нижнего слоев почвы) с каждого участка опытного поля. Масса почвенного образца составляла 500 г. Численность семян сорняков в почве по методике И.П. Васильева, А.М. Туликова и др.

Результаты и обсуждение. По результатам проведенных обследований опытного поля установлено, что посевы ярового ячменя сильно засорены 21 видами сорных растений, относящимися к 10 семействам.

Высокая численность отмечена у малолетних видов сорных растений (ромашка непахучая, василек синий, горец птичий, горец вьюнковый, звездчатка средняя и др.). В структуре засорённости (первый учет) численность малолетних сорняков составля 73,3% (22 экз./м^2), надземная масса – 62,1% (223,7 г/м^2), многолетники – 26,7 %, (8 экз./м^2), надземная масса – 37,9% (136,5 г/м^2). Многолетние сорные растения представлены корневищными, корнеотпрысковыми, стержнекорневыми.

Перед уборкой урожая культуры в структуре засорённости сорных растений малолетники составляли 58,0 экз./м^2 (78,4%), надземная масса – 62,2% (261,7 г/м^2); многолетники – 16,0 экз./м^2 (или 21,6%), надземная масса – 159,1 г/м^2 (или 37,8%) (рис. 1).



1 2 1 2

1. Количество сорняков по биогруппам
2. Надземная масса сорных растений по биогруппам

Рисунок 1 - Структура засорённости посевов ярового ячменя

В нашем опыте значительное жизненное пространство в посевах ярового ячменя занимают малолетние сорные растения, которые были наиболее агрессивны в посевах культуры. Структура и соотношение видов сорняков по биогруппам в посевах ярового ячменя представлено на рисунке 2.



Рисунок 2 – Соотношение биологических сорных растений

В условиях ведения современного сельского хозяйства важно проводить не только количественный учет сорных растений, но и иметь информацию о пространственном расположении их на полях, что позволяет использовать дифференцированный подход к применению гербицидов [3, 2].

В таблице 1 представлено общее количество сорняков и их отдельные биогруппы по участкам опытного поля. Из таблицы 1 видно, что сорные растения на участках опытного поля расположились крайне неравномерно. Например, на участке № 1 средняя численность сорняков составляла 82 экз./м^2. Этот средний показатель составлен в результате трех количественных измерений в точках А – 42 экз./м^2; Б – 80 экз./м^2; В – 120 экз./м^2.

Таблица 1 – Характеристика размещения биологических групп сорных растений на участках опытного поля

№ участка	Точки отбора образцов на участке (А , Б, В)	Общее количество сорняков, экз./м^2	Количество малолетних сорняков, экз./м^2	Количество многолетних злаковых сорняков, экз./м^2	Количество многолетних двудольных сорняков, экз./м^2
1	А : Б : В	42 : 80 : 120	31 : 39 : 117	7 : 6 : 3	4 : 35 : 0
	Средняя	82,0	65,0	5,0	12,0
2	А : Б : В	61 : 25 : 30	43 : 17 : 0	5 : 0 : 1	13 : 8 : 29
	Средняя	39,0	20,0	3	16
3	А : Б : В	0 : 45 : 36	0 : 37 : 17	0	0 : 8 : 19
	Средняя	27,0	18,0	0	9,0
4	А : Б : В	220 : 79 : 19	200 : 76 : 18	10 : 1 : 1	10 : 2 : 0
	Средняя	106,0	98,0	4,0	4,0
5	А : Б : В	35 : 120 : 55	24 : 78 : 45	0 : 6 : 0	11 : 36 : 10
	Средняя	70,0	49,0	2,0	19,0
6	А : Б : В	11 : 47 : 50	7 : 37 : 26	0	4 : 10 : 24
	Средняя	36,0	23,0	0	13,0
7	А : Б : В	0 : 32 : 52	0 : 32 : 46	0 : 0 : 6	0
	Средняя	28,0	26,0	2,0	0
8	А : Б : В	17 : 110 : 140	16 : 88 : 134	0	1 : 22 : 6
	Средняя	89,0	79,0	0	10
9	А : Б : В	257 : 68 :126	139 : 47 : 99	7 : 0 : 5	111 : 21 : 22
	Средняя	150,0	95,0	4,0	51,0
10	А : Б : В	76 : 241 : 52	70 : 192 : 39	4 : 16 : 10	3 : 33 : 3
	Средняя	123,0	100,0	10,0	13,0
11	А : Б : В	64 : 29 : 101	37 : 19 : 79	7 : 5 : 9	20 : 5 : 13
	Средняя	65,0	45,0	7,0	13,0
12	А : Б : В	60 : 49 : 38	42 : 40 : 32	0	18 : 9 : 6
	Средняя	49,0	38,0	0	11,0
13	А Б В	129 : 67 : 92	100 : 52 : 85	29 : 15 : 7	0
	Средняя	96,0	79,0	17,0	0
14	А : Б : В	201 : 59 : 46	183 : 48 : 36	9 : 6 : 6	9 : 5 : 4
	Средняя	102,0	89,0	7,0	6,0
15	А : Б : В	146 : 84 : 91	135 : 80 : 82	0	11 : 4 : 9
	Средняя	107,0	99,0	0	8,0
16	А : Б : В	12 : 18 : 15	10 : 12 : 5	0	2 : 6 : 10
	Средняя	15,0	9,0	0	6,0
Среднее по опытному полю		74,0	58,0	4,0	12,0

В связи вышеизложенным определенный интерес представляет анализ засорённости почвы семенами сорных растений. Теоретически такой подход позволяет спрогнозировать засорённость посевов сельскохозяйственных культур. Полученные результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Количество семян сорных растений в пахотном слое почвы (экз. на 1000 г почвы)

Сорные растения	Число семян по слоям почвы, см		Всего семян в слое 0 − 20 см, шт.
	0 − 10	10 − 20	
Марь белая	12	6	18
Горец птичий	10	18	18
Подмаренник цепкий	8	10	12
Ромашка непахучая	23	22	22
Ярутка полевая	17	12	12
Прочие*	20	14	34
Итого по слоям	90	82	172

Прочие* – семена сорных растений, которые не были определены

Из таблицы видно, что семена сорных растений в почве представлены 5 видами. Прочие – эти семена сорняков, которые нами не определены. Уровень засорённости почвы семенами сорняков составил 172 шт. на 1000 г почвы, или 447,2 млн. шт. на 1 га, что соответствует очень высокой степени.

Расчёты проведены с учетом плотности почвы в пахотном слое равной 1,3 г/см^3. Оценка засорённости в целом определяет возможность запланировать объем проводимых защитных мероприятий.

Заключение. Посевы ярового ячменя преимущественно были засорены малолетними сорными растениями. В структуре засорённости сорных растений малолетники составляли 58,0 экз./м^2 (78,4%), надземная масса – 62,2% (261,7 г/м^2); многолетники – 16,0 экз./м^2 (или 21,6%), надземная масса – 159,1 г/м^2 (или 37,8%).

Сорные растения на участках опытного поля расположились крайне неравномерно. Например, на участке № 1 средняя численность сорняков составляла 82 экз./м^2. Этот средний показатель составлен в результате трех количественных измерений в точках А – 42 экз./м^2; Б – 80 экз./м^2; В – 120 экз./м^2. Семена сорных растений в почве представлены 5 видами. Уровень засорённости пахотного слоя почвы опытного поля семенами сорняков составил 172 шт. на 1000 г почвы, или 447,2 млн. шт. на 1 га, что соответствует очень высокой степени.

Оценка степень присутствия семян сорняков в пахотном слое почвы позволяет спрогнозировать засорённость культур, запланировать объем проводимых защитных мероприятий.

Список литературы

1. Бахмудов Р.Б. Методологические основы прогнозирования засорённости посевов сельскохозяйственных культур // Проблемы и перспективы развития агропромышленного комплекса России: материалы всерос. науч.-практ. конф. – Благовещенск: 2017. – Т.1. – С. 18-22.

2. Бахмудов Р.Б., Милявский Я.А. Засоренность ярового ячменя в зависимости от способа основной обработки почвы // Известия Дагестанского ГАУ. –2024. – № 2 (22). – С.13-19.

3. Влияние разных технологий возделывания озимой пшеницы на урожайность и фитосанитарное состояние посевов (на примере полевого опыта Центра точного земледелия РГАУ – МСХА им. К. А. Тимирязева) / С. В. Железова, Т. А. Акимов, О. О. Белошапкина [и др.] // Агрохимия. – 2017. – № 4. – С. 65-75.

4. Зоткина А. В. Почвенный банк семян сорных растений (на примере Мари белой) и его связь с некоторыми агрохимическими свойствами дерново-подзолистой почвы // Материалы по изучению русских почв. – 2012. – Вып. 7 (34).

5. Ладонин В. Ф. Роль гербицидов при возрастании масштабов применения удобрений в земледелии // Химия в сельском хозяйстве. – 1976. – № 1. – С. 11-14.

6. Мамсиров Н. И., Макаров А. А. Влияние способов основной обработки почвы и предшественников на продуктивность озимой пшеницы // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. – 2020. – № 2 (94). – С. 72-79.

7. Рогожникова Е. С., Шпанев А. М. Засоренность ячменя с подсевом многолетних трав при разных уровнях минерального питания // Вестник защиты растений. – 2014. – № 4. – С. 49-51.

8. Методика фитосанитарного мониторинга агроландшафтов с использованием физико-технической базы точного земледелия / А.М. Шпанев, П.В. Лекомцев, А.Ф. Петрушин [и др.]. – СПб.: 2017. – 31 с.

9. Шпанев А. М., Смук В. В. Пространственное размещение сорных растений в посадках картофеля // Земледелие. – 2019. – № 2. – С. 42-45.

10. Bakhmudov R.B. The influence of various soil treatment sistems on the contamination of spring wheart crops in the conditions of the Leningrad region// Znanstvena misel journal. The journal is registered and published in Slovenia. – 2022. Vol. 63. – P. 16 – 20.

11. Franco C., Pedersen S.M., Papaharalampos H., Ørum J.E. The value of precision for image-based decision

support in weed management // Precision Agriculture, 2017, v. 18, pp. 366–382.

12. Hurle K. Aktuelle und zukünftige Entwicklungen in der Unkraut-bekämpfung aus der Sicht der Herbologie // Pflanzenschutz – Nachrichten Bayer, 1998, v. 51, no. 2, pp. 109–128.

13. Precision weed detection in wheat fields for agriculture 4.0: A survey of enabling technologies, methods, and research challenges / K. Xu, L. Shu, Q. Xie et all. // Computers and Electronics in Agriculture. 2023. Vol. 212. P. 108-106.

14. Rozenberg G., Kent R., Blank L. Consumer-grade UAV utilized for detecting and analyzing late-season weed spatial distribution patterns in commercial onion fields // Precision Agriculture. 2021. Vol. 22. P. 1317-1332.

15. Spatial Modelling of Within-Field Weed Populations; a Review / G.J. Somerville, M. Sønderskov, S.K. Mathiassen et all. // Agronomy. 2020. Vol. 10. P. 1044.

References

1. Bakhmudov R.B. Methodological foundations for forecasting weed infestation of agricultural crops // Problems and prospects for the development of the agro-industrial complex of Russia: Proceedings of the All-Russian scientific-practical. conf. - Blagoveshchensk: 2017. - Vol. 1. - Pp. 18-22.

2. Bakhmudov R.B., Milyavsky Ya.A. Weed infestation of spring barley depending on the method of primary tillage // Bulletin of the Dagestan State Agrarian University. -2024. - No. 2 (22). - Pp. 13-19.

3. The Impact of Different Winter Wheat Cultivation Technologies on Crops Yield and Phytosanitary Status (Based on Field Experiments at the Precision Farming Center of the Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy) / S. V. Zhelezova, T. A. Akimov, O. O. Beloshapkina [et al.] // Agrochemistry. – 2017. – No. 4. – P. 65-75.

4. Zotkina A. V. Soil Seed Bank of Weeds (Based on Belaya Marie) and Its Relationship with Some Agrochemical Properties of Sod-Podzolic Soil // Materials on the Study of Russian Soils. – 2012. – Issue 7 (34).

5. Ladonin V. F. The Role of Herbicides with Increasing Fertilizer Application Scale in Agriculture // Chemistry in Agriculture. – 1976. – No. 1. – P. 11-14.

6. Mamsirov N. I., Makarov A. A. Influence of primary tillage methods and predecessors on winter wheat productivity // Bulletin of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. – 2020. – No. 2 (94). – P. 72-79.

7. Rogozhnikova E. S., Shpanev A. M. Barley weed infestation with overseeding of perennial grasses at different levels of mineral nutrition // Bulletin of Plant Protection. – 2014. – No. 4. – P. 49-51.

8. Methodology of phytosanitary monitoring of agrolandscapes using the physical and technical base of precision farming / A. M. Shpanev, P. V. Lekomtsev, A. F. Petrushin [et al.]. – St. Petersburg: 2017. – 31 p.

9. Shpanev A. M., Smuk V. V. Spatial distribution of weeds in potato plantings // Zemledelie. – 2019. – No. 2. – Pp. 42-45.

10. Bakhmudov R.B. The influence of various soil treatment systems on the contamination of spring weed crops in the conditions of the Leningrad region // Znanstvena misel journal. The journal is registered and published in Slovenia. – 2022. Vol. 63. – Pp. 16 – 20.

11. Franco C., Pedersen S. M., Papaharalampos H., Ørum J. E. The value of precision for image-based decision support in weed management // Precision Agriculture, 2017, v. 18, pp. 366–382.

12. Hurle K. Aktuelle und zukünftige Entwicklungen in der Unkraut-bekämpfung aus der Sicht der Herbologie // Pflanzenschutz – Nachrichten Bayer, 1998, v. 51, no. 2, pp. 109–128.

13. Precision weed detection in wheat fields for agriculture 4.0: A survey of enabling technologies, methods, and research challenges / K. Xu, L. Shu, Q. Xie et all. // Computers and Electronics in Agriculture. 2023. Vol. 212. P. 108-106.

14. Rozenberg G., Kent R., Blank L. Consumer-grade UAV utilized for detecting and analyzing late-season weed spatial distribution patterns in commercial onion fields // Precision Agriculture. 2021. Vol. 22. P. 1317-1332.

15. Spatial Modeling of Within-Field Weed Populations; a Review / G.J. Somerville, M. Sønderskov, S.K. Mathiassen et al. // Agronomy. 2020. Vol. 10. P. 1044.

10.52671/26867591_2026_1_35
УДК 634.1.03

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КЛОНОВЫХ ПОДВОЕВ ЯБЛОНИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИЗУЧЕНИЯ В МАТОЧНИКЕ

БОЧКАРЕВ Е.А., канд. с.-х. наук, доцент, ст. науч. сотрудник
Научно-исследовательский институт садоводства и лекарственных растений «Жигулевские сады», г. Самара, Россия

BIOLOGICAL FEATURES OF APPLE CLONAL ROOTSTOCKS ACCORDING TO THE RESULTS OF STUDY IN THE MOTHER PLANTATION

BOCHKAREV E.A., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Senior Researcher
Scientific Research Institute of Horticulture and Medicinal Plants "Zhigulevskie Sady", Samara, Russia

Аннотация. Целью исследований являлось изучение основных биологических особенностей клоновых подвоев яблони при размножении в маточнике вертикальных отводков в условиях Среднего Поволжья. Изучены 12 форм клоновых подвоев яблони различной силы роста. Учеты и наблюдения проводились по общепринятым методикам. В результате исследований получены данные о сроках отрастания подвоев, продолжительности периода вызревания отводков, степени их вызревания, длине и укоренении. От начала отрастания маточных кустов до образования верхушечных почек в среднем проходило от 133 до 190 и более дней. Наиболее рано заканчивали верхушечный рост и вызревали отводки у форм 70-6-8, 54-118 и Р-60, наиболее поздно – у форм 70-20-20, 2-9-102 и 83-1-15. Произведена группировка подвоев по срокам вызревания отводков. В зависимости от длины отводков все изучаемые формы были распределены по 5 группам. Изучено укоренение отводков при размножении в маточнике. Лучшим укоренением отличались формы Мичуринск 12, Малыш Будаговского, 62-396 и Мичуринск 210. Исследована устойчивость клоновых подвоев яблони к тле и мучнистой росе. Наиболее уязвимым к вредителям и болезням в условиях Среднего Поволжья был подвой польской селекции Р-60. Не поражались яблонной тлей или поражались ей в слабой степени подвои Мичуринск 210, Малыш Будаговского, Мичуринск 12, Мичуринск 19, 70-6-8. Были подвержены яблонной тле формы 70-20-20, 83-1-15 и Урал 5. Поражались мучнистой росой растения форм Мичуринск 12 и Мичуринск 210. Полученные нами результаты подтверждаются результатами исследований в других почвенно-климатических регионах.

Ключевые слова: яблоня, клоновый подвой, биологические особенности, отводки, маточник, укоренение

Abstract. *The purpose of the research was to study the main biological features of clonal rootstocks of apple trees during reproduction in the uterus of vertical layers in the conditions of the Middle Volga region. 12 forms of clonal rootstocks of apple trees of various growth strengths have been studied. Records and observations were carried out according to generally accepted methods. As a result of the research, data were obtained on the timing of the growth of rootstocks, the duration of the maturation period of the layers, the degree of their maturation, length and rooting. On average, it took from 133 to 190 days or more from the beginning of bush regrowth to the formation of apical buds. The apical growth ended most early and layering matured in forms 70-6-8, 54-118 and P-60, the latest in forms 70-20-20, 2-9-102 and 83-1-15. The rootstocks were grouped according to the time of maturation of the layers. Depending on the length of the layers, all the studied shapes were divided into 5 groups. The rooting of layers during reproduction in the uterus has been studied. The forms Michurinsk 12, Malysh Budagovskogo, 62-396 and Michurinsk 210 were distinguished by the best rooting. The resistance of clonal rootstocks of apple trees to aphids and powdery mildew has been studied. The most vulnerable The most vulnerable to pests and diseases in the conditions of the Middle Volga region was the rootstock of the Polish selection P-60. in the conditions of the Middle Volga region was the stock of the Polish selection P-60. The rootstocks of Michurinsk 210, Malysh Budagovskogo, Michurinsk 12, Michurinsk 19, 70-6-8 were not affected by apple aphids or were affected to a mild extent. Forms 70-20-20, 83-1-15 and Ural 5 were affected by apple aphids. Plants of forms Michurinsk 12 and Michurinsk 210 were affected by powdery mildew. Our results are confirmed by the results of studies in other soil-climatic regions.*

Keywords: *apple tree, clonal rootstock, biological features, layers, mother plantation, rooting*.

Введение

Во многих садоводческих регионах широко практикуется использование интродуцированных клоновых подвоев. Например, в Среднем Поволжье из более чем пятидесяти допущенных к использованию клоновых подвоев яблони лишь 4 формы были выведены селекционным путем в условиях данного региона. Это подвои серии Волга (Волга 3, Волга 8, Волга 12 и Волга 18), созданные Е.З. Савиным в НИИ садоводства и лекарственных растений «Жигулевские сады». Все остальные клоновые подвои были выведены в прочих учреждениях-оригинаторах, главным образом, в Мичуринском ГАУ [1, 2]. Необходимо, чтобы в каждой почвенно-климатической зоне подвои обладали адаптивностью к почвенно-климатическим условиям региона и обеспечивали высокие показатели продуктивности привойно-подвойных комбинаций. В связи с этим, при интродукции новых форм клоновых подвоев большое значение придается оценке их основных хозяйственно-биологических признаков [3]. По мнению многих авторов, важнейшими оценочными показателями являются зимостойкость и морозоустойчивость клоновых подвоев, их побегообразовательная способность при размножении в маточнике, скороспелость, способность к укоренению отводков и др. [4-7].

Целью данных исследований являлось выявление основных биологических особенностей клоновых подвоев яблони при размножении в маточнике вертикальных отводков в условиях Среднего Поволжья.

В задачи исследований входило:

1. Определить продолжительность периода

времени от начала отрастания маточных кустов до образования верхушечных почек у изучаемых подвойных форм.

2. Изучить основные биолого-хозяйственные характеристики клоновых подвоев: степень вызревания отводков, длина отводков, укореняемость при размножении в маточнике, устойчивость к наиболее распространенным вредителям и болезням.

Материалы и методы исследований.

Объектом исследований служили 12 форм клоновых подвоев яблони различной силы роста (карликовые, полукарликовые, среднерослые) и различной селекции (ФГБОУ ВО «Мичуринский ГАУ», Оренбургская ОССиВ, польская селекция). В группу карликовых подвоев входили Мичуринск 12, Мичуринск 19, 62-396 (контроль по группе), Р-60, Малыш Будаговского и 83-1-15, в группу полукарликовых и среднерослых – 70-6-8, Урал 5, 54-118 (контроль по группе), Мичуринск 210, 2-9-102 и 70-20-20. Изучение подвоев в условиях Среднего Поволжья проводилось в рамках договоров о научном сотрудничестве с соответствующими учреждениями-оригинаторами.

Маточник вертикальных отводков с изучаемыми клоновыми подвоями был заложен на опытном участке ГБУ СО НИИ «Жигулевские сады», расположенном в с. Малая Царевщина, на верхней террасе в междуречье рек Волга и Сок. Схема закладки маточника – 1,5×0,5 м. Почва – чернозем выщелоченный маломощный легкосуглинистый. Содержание гумуса в почве – 1,2…1,8 %. Реакция почвенного раствора pH = 6,8…7,0.

Закладка маточника клоновых подвоев, а также наблюдения и учеты в маточнике проводились в соответствии с Программой и методикой сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур [8].

Проводилось изучение следующих показателей:

- дата начала отрастания маточных кустов;
- дата образования у отводков верхушечных почек;
- степень вызревания отводков;
- длина отводков;
- укоренение отводков;
- устойчивость клоновых подвоев к яблонной тле и мучнистой росе.

Результаты. При оценке биолого-хозяйственных признаков клоновых подвоев в весенний период важное значение имеет дата начала отрастания маточных кустов. Этот показатель зависит как от сортовых особенностей подвоя, так и от складывающихся погодных условий в начале вегетации. В 2024 г. выпадение обильных осадков во второй декаде апреля и установившая впоследствии теплая солнечная погода были благоприятными для начала отрастания маточных кустов. Данная фаза развития отмечалась у изучаемых подвойных форм с 18 по 23 апреля. Наиболее быстрым началом отрастания характеризовалась форма Мичуринск 210 (табл. 1). У подвойных форм Мичуринск 19, Мичуринск 12, 62-396, 70-20-20, Урал 5 отрастание первого листа наблюдалось на 2-3 дня позже. Наиболее позднее начало отрастания (спустя 4-5 дней) было отмечено у подвойных форм Малыш Будаговского, 54-118, Р-60, 83-1-15, 70-6-8 и 2-9-102.

В 2025 г. вся первая половина апреля отличалась благоприятными температурным и влажностным режимами, поэтому отрастание маточных кустов началось относительно рано, в период с 14 по 18 апреля. Наиболее быстрым началом отрастания (14 апреля) характеризовалась, как и в предыдущем году, форма Мичуринск 210. У подвойных форм Мичуринск 12, 62-396, Малыш Будаговского, 70-20-20, 54-118, Урал 5 и 2-9-102 начало отрастания наблюдалось 15-16 апреля. Более позднее начало отрастания (17-18 апреля) отмечено у подвойных форм Мичуринск 19, Р-60, 83-1-15 и 70-6-8.

Подвои селекции Мичуринского ГАУ, находящиеся у нас на изучении, в 2020…2023 гг. испытывали в маточнике конкурсного изучения самого учреждения-оригинатора. В результате было установлено, что наиболее рано, в течение 2-3 декады апреля, начинают отрастание маточные кусты форм 54-118, Малыш Будаговского, 62-396, 70-20-20. У форм 76-23-2, 83-1-15 и др. начало отрастания происходит на 4-5 дней позже [9].

С биологическими особенностями дальнейшего роста отводков напрямую связан показатель зимостойкости, так как растение должно закончить ростовые процессы до наступления морозов и перейти в состояние покоя [10]. Об окончании роста отводков в длину и их вызревании свидетельствует образование верхушечных почек.

В 2024 г. окончание верхушечного роста отводков у подвойных форм Р-60, 70-6-8 и 54-118 отмечалось к 6 сентября. В середине сентября наблюдалось образование верхушечных почек у подвойной формы 62-396. К 26 сентября завершение роста отводков с формированием верхушечных почек происходило у подвойной формы Урал 5. На учетную дату 6 октября было отмечено образование новых листьев на верхушках побегов без прироста длины и окончание верхушечного роста у форм Мичуринск 19 и Мичуринск 210. У подвоя Малыш Будаговского прирост длины отводков также был нулевым, отмечалось образование густой розетки листьев на верхушках побегов. У остальных изучаемых подвойных форм также отмечалось образование 1-2 новых листьев, при этом верхушечная почка не формировалась. В середине октября произошло окончание верхушечного роста у подвойных форм Мичуринск 12 и Малыш Будаговского. У подвойных форм 83-1-15, 70-20-20 и 2-9-102 продолжался рост новых листьев на верхушке побега без увеличения длины отводков. Последний учет длины отводков у подвойных форм с продолжающимся вегетативным ростом (70-20-20, 2-9-102 и 83-1-15) был проведен 26 октября накануне отделения отводков от маточных кустов.

Таблица 1 – Биологические особенности клоновых подвоев яблони по результатам изучения в маточнике вертикальных отводков, 2024…2025 гг.

Подвойная форма	Начало отрастания маточных кустов		Образование верхушечных почек		Кол-во дней от начала отрастания до образования верхушечных почек			Степень вызревания отводков, балл			Длина отводков, см			Укоренение отводков, балл		
	2024	2025	2024	2025	2024	2025	Сред.	2024	2025	Сред.	2024	2025	Сред.	2024	2025	Сред.
Мичуринск 19	21.04	17.04	06.10	25.10	168	191	180	5	5	5	55	71	63	2,9	3,7	3,3
Мичуринск 12	20.04	16.04	16.10	15.10	179	182	181	5	5	5	58	65	62	4,4	4,0	4,2
Р-60	23.04	18.04	06.09	15.09	136	150	143	5	5	5	67	84	76	3,4	3,1	3,3
62-396	20.04	15.04	16.09	15.09	149	153	151	5	5	5	54	68	61	3,9	4,0	4,0
Малыш Будаговского	22.04	15.04	16.10	15.10	177	183	180	5	5	5	48	55	52	4,1	3,9	4,0
83-1-15	23.04	18.04	–	–	>180	>190	–	3	4	3,5	66	79	73	3,9	3,5	3,7
70-6-8	23.04	17.04	06.09	25.08	136	130	133	5	5	5	53	71	62	4,2	3,4	3,8
70-20-20	20.04	15.04	–	25.10	>180	193	–	4	5	4,5	87	108	98	3,9	3,5	3,7
54-118	22.04	15.04	06.09	05.09	137	143	140	5	5	5	65	96	81	3,7	3,5	3,6
Урал 5	20.04	16.04	26.09	25.09	159	162	161	5	5	5	62	94	78	4,0	3,0	3,5
2-9-102	23.04	16.04	–	25.10	>180	192	–	4	5	4,5	80	99	90	4,0	3,3	3,7
Мичуринск 210	18.04	14.04	06.10	25.09	171	164	168	5	5	5	65	87	76	4,7	3,2	4,0
$НСР_{05}$	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	9,7	9,7	–	0,4	0,4	–

При этом, у отводков форм 70-20-20 и 2-9-102 верхушечные почки слабо сформировались, а верхушки побегов не достигли полного одревеснения. У формы 83-1-15 рост отводков прекратился, но их верхушки длиной 3…5 см имели травянистое состояние. Количество дней от начала отрастания маточных кустов до формирования верхушечных почек у изучаемых подвойных форм составляло от 136 дней (Р-60, 70-6-8) до 180 дней и более (70-20-20, 2-9-102, 83-1-15).

В условиях 2025 г. верхушечные почки на некоторых побегах у форм 70-6-8, Р-60 и 54-118 начали образовываться уже в период 5-15 августа. В конце августа у всех отводков подвойной формы 70-6-8 отмечалось образование верхушечных почек. У подвоя 54-118 верхушечные почки сформировались к 5 сентября, у подвоев Р-60 и 62-396 – 15 сентября. В это же время наблюдалось начало образования верхушечных почек у отводков форм Мичуринск 12, Урал 5 и Мичуринск 210. У подвоев Мичуринск 19 и 70-20-20 они начали образовываться в конце сентября. Также 25 сентября было зафиксировано полное окончание роста и вызревание отводков у подвоев Урал 5 и Мичуринск 210. У остальных изучаемых клоновых подвоев начало формирования верхушечных почек приходилось на октябрь. Так, у формы Малыш Будаговского оно отмечалось в начале октября, у 2-9-102 и 70-20-20 – в середине октября. К 15 октября полностью завершился верхушечный рост отводков и сформировались верхушечные почки у подвойных форм Мичуринск 12 и Малыш Будаговского, к 25 октября – Мичуринск 19, 2-9-102 и 70-20-20. У формы 83-1-15 рост отводков прекратился, но верхушечные почки сформировались слабо, что свидетельствует о неполном вызревании отводков. В этом году количество дней от начала отрастания маточных кустов до формирования верхушечных почек у изучаемых подвойных форм изменялось от 130 дней (70-6-8) до 190 дней и более (Мичуринск 19, 70-20-20, 2-9-102, 83-1-15).

Анализируя двухлетние данные, можно отметить, что подвойные формы Мичуринск 12, 62-396, Малыш Будаговского, 54-118 и Урал 5 отличались стабильностью сроков вызревания отводков по годам. У остальных форм сроки вызревания отводков в зависимости от условий года различались на 10…20 дней. В среднем за два года исследований количество дней от начала отрастания маточных кустов до образования верхушечных почек составило: 70-6-8 – 133 дня; 54-118 – 140 дней; Р-60 – 143 дня; 62-396 – 151 день; Урал 5 – 161 день; Мичуринск 210 – 168 дней; Мичуринск 19, Малыш Будаговского – 180 дней; Мичуринск 12 – 181 день; 70-20-20, 2-9-102 и 83-1-15 – более 180…190 дней. Это позволило распределить клоновые подвои по срокам вызревания отводков по 3 группам (табл. 2).

Степень вызревания отводков, как отмечалось выше, определяется на основании оценки завершенности их роста, одревеснения побегов и сформированности верхушечных почек. В наших опытах в условиях периода вегетации 2024г. степень вызревания отводков варьировала от 3 до 5 баллов, а 2025 г. – от 4 до 5 баллов. У большинства подвойных форм отводки успевали полностью вызреть. Неполным вызреванием отводков отличались подвои 70-20-20, 2-9-102 и, особенно, 83-1-15.

При вегетативном размножении в маточнике одним из показателей биологической оценки клоновых подвоев является длина отводков. Научные исследования, проведенные в различных регионах, свидетельствуют, что длина получаемых отводков может сильно варьировать в зависимости от сортовых особенностей подвоев, почвенно-климатических и погодных условий [11-13]. В 2024 г. длина полученных отводков у изучаемых подвоев составляла от 48 см (Малыш Будаговского) до 87 см (70-20-20), при этом подвой оказывал достоверное влияние на данный показатель. В 2025 г. длина отводков была большей и изменялась в широких пределах – от 55 см (Малыш Будаговского) до 108 см (70-20-20). В этом году влияние подвоя на длину отводков также было достоверным. По средним значениям длины полученных отводков все изучаемые подвойные формы можно распределить по 5 группам:

1) до 60 см – Малыш Будаговского;
2) 61-70 см – 62-396, Мичуринск 12, Мичуринск 19, 70-6-8;
3) 71-80 см – Р-60, 83-1-15, Урал 5, Мичуринск 210;
4) 81-90 см – 54-118, 2-9-102;
5) более 90 см – 70-20-20.

Таблица 2 – Группировка клоновых подвоев яблони по продолжительности периода вызревания отводков, 2024…2025 гг.

Количество дней от начала отрастания до полного вызревания отводков	Подвойная форма
до 150	70-6-8 Р-60 54-118
150-170	62-396 Урал 5 Мичуринск 210
170-190	Мичуринск 19 Мичуринск 12 Малыш Будаговского
более 190	70-20-20 2-9-102 83-1-15

Очень важным показателем, характеризующим биолого-хозяйственную ценность подвойных форм, являются способность к укоренению отводков в маточнике. В наших опытах в условиях 2024 г. хорошее и отличное укоренение имели отводки форм Урал 5, 2-9-102 (4,0 балла), Малыш Будаговского (4,1 балла), 70-6-8 (4,2 балла), Мичуринск 12 (4,4 балла) и Мичуринск 210 (4,7 балла). Средне укоренялись (на 3,4…3,9 балла) отводки у подвойных форм Р-60, 54-118, 62-396, 83-1-15 и 70-20-20. Самое слабое укоренение отводков отмечалось у формы Мичуринск 19 – в среднем 2,9 балла. В 2025 г. укореняемость отводков была ниже по сравнению с предыдущим годом. Средние значения этого показателя варьировали в пределах 3,0…4,0 баллов. Лучше всего формировалась корневая мочка у форм Мичуринск 12, 62-396 и Малыш Будаговского (3,9…4,0 балла). Самое слабое укоренение отводков отмечалось у Урал 5, Р-60 и Мичуринск 210 (3,0…3,2 балла). В среднем за два года оценка не была ниже 3 баллов, что свидетельствует о достаточно хорошей способности к укоренению у всех изучаемых подвойных форм. При этом, по данному показателю особенно выделялись формы Мичуринск 12, 62-396, Малыш Будаговского и Мичуринск 210. О хорошем укоренении отводков у форм 62-396, Мичуринск 12, 54-118, 70-20-20, Урал 5, Малыш Будаговского, 83-1-15 и др. сообщают многие авторы [14-16].

Современное садоводство основывается на использовании адаптивных клоновых подвоев, отличающихся не только высокой продуктивностью в маточнике, зимостойкостью и засухоустойчивостью, но и устойчивостью к наиболее распространенным вредителям и болезням. В Среднем Поволжье клоновые подвои очень часто повреждаются яблонной тлей, особенно в условиях жаркого сухого лета. Из основных встречающихся заболеваний большой вред наносит мучнистая роса.

Таблица 3 – Поражаемость клоновых подвоев яблонной тлей, балл

Подвойная форма	2024 г.		2025 г.	
	учет 26.07	учет 26.08	учет 15.07	учет 15.08
Мичуринск 19	1	1	0	0
Мичуринск 12	2	3	0	0
Р-60	3	4	1	1
62-396	1	1	1	0
Малыш Будаговского	0	0	1	0
83-1-15	3	1	1	1
70-6-8	2	1	0	0
70-20-20	3	3	2	2
54-118	2	1	1	1
Урал 5	1	1	2	1
2-9-102	1	1	1	0
Мичуринск 210	0	0	0	0

В наших исследованиях учет повреждения тлей и мучнистой росой проводился в период их максимального развития и вредоносности. В более жарком 2024 г. совершенно не поражались тлей (0 баллов) подвойные формы Малыш Будаговского и Мичуринск 210, незначительно (1 балл) – формы Мичуринск 19, 62-396, Урал 5 и 2-9-102 (табл. 3). Остальные изучаемые формы поражались яблонной тлей на 2-4 балла, особенно сильно – Р-60, 83-1-15 и 70-20-20. Погодные условия в 2025 г. были менее благоприятными для развития яблонной тли, поэтому повреждаемость ею растений была меньше. Не были заселены тлей подвойные формы Мичуринск 12, Мичуринск 19, 70-6-8 и Мичуринск 210. Наиболее сильно, на уровне 2 баллов, отмечено повреждение тлей у форм 70-20-20 и Урал 5. Растения остальных форм имели повреждения тлей не более 1 балла. Полученные нами опытные данные, в целом, совпадают с результатами исследований клоновых подвоев яблони на устойчивость к основным вредителям и болезням в условиях Центрально-Черноземного региона. Так, в опытах Н.Л. Чуриковой (2019) не были заселены яблонной тлей подвойные формы Мичуринск 12, Мичуринск 19, 2-9-102, Мичуринск 210 и др. [17].

В то же время, погодные условия летом 2025 г. способствовали активизации возбудителя мучнистой росы. В благоприятных для развития патогена условиях было обнаружено поражение листьев и побегов мучнистой росой на уровне 2 баллов у растений подвойных форм Р-60 и Мичуринск 210 (рис. 1).



Рисунок 1 – Последствия поражения подвоя Мичуринск 210 мучнистой росой, 2025 г. (фото автора)

В условиях 2024 г. отмечалось поражение листьев мучнистой росой на 1 балл у подвойной формы Мичуринск 12. О средней или низкой устойчивости к мучнистой росе форм Мичуринск 210 и Мичуринск 12 сообщают и другие авторы [18].

Выводы.

Изучение клоновых подвоев в маточнике в 2024…2025 гг. позволяет сделать следующие выводы.

1. Наиболее раннее отрастание маточных кустов происходило у подвойной формы Мичуринск 210, наиболее позднее – у форм Р-60, 83-1-15 и 70-6-8.

2. В среднем за два года исследований от начала отрастания маточных кустов до образования верхушечных почек проходило от 133 до 190 и более дней. Наиболее рано заканчивали верхушечный рост и вызревали побеги у форм 70-6-8, 54-118 и Р-60, наиболее поздно – у форм 70-20-20, 2-9-102 и 83-1-15.

3. Степень вызревания отводков у изучаемых подвойных в годы исследований варьировала от 3 до 5 баллов. Неполным вызреванием отводков отличались подвои 70-20-20, 2-9-102 и, особенно, 83-1-15.

4. Длина полученных отводков в 2024 г. составляла от 48 см (Малыш Будаговского) до 87 см (70-20-20), в 2025 г. – от 55 см (Малыш Будаговского) до 108 см (70-20-20). В зависимости от длины отводков все изучаемые подвойные формы были распределены по пяти группам.

5. Хорошее и отличное укоренение в условиях 2024 г. имели отводки форм Урал 5, 2-9-102 (4,0 балла), Малыш Будаговского (4,1 балла), 70-6-8 (4,2 балла), Мичуринск 12 (4,4 балла) и Мичуринск 210 (4,7 балла). В 2025 г. лучшая укореняемость отводков была у форм Мичуринск 12, 62-396 и Малыш

Будаговского (3,9…4,0 балла). В среднем за два года наблюдений этот показатель не был ниже 3 баллов, что свидетельствует о достаточно хорошей способности к укоренению у всех изучаемых подвойных форм.

6. В 2024 г. совершенно не поражались тлей подвойные формы Малыш Будаговского и Мичуринск 210, в 2025 г. – Мичуринск 12, Мичуринск 19, 70-6-8 и Мичуринск 210. Наименее устойчивыми к яблонной тле были формы 70-20-20, Р-60, 83-1-15 и Урал 5.

7. За время наблюдений отмечено поражение мучнистой росой на 1-2 балла отводков у подвоев Р-60, Мичуринск 12 и Мичуринск 210.

Список литературы

1. Реестр селекционных достижений [Электронный ресурс]. URL: http://gossortrf.ru/registry/ (дата обращения: 23.12.2025 г.).

2. Бочкарев Е.А. Сравнительная характеристика клоновых подвоев яблони, допущенных к использованию в Средневолжском регионе // Известия Дагестанского ГАУ. – 2023. – №4 (20). – С. 24-30.

3. Атрощенко Г.П., Горбачева Н.Н., Асир Н. Оценка интродуцированных форм клоновых подвоев яблони по основным хозяйственно-биологическим признакам // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2023. – № 1(70). – С. 41-50.

4. Трунов Ю.В., Соловьев А.В., Папихин Р.В. Перспективы клоновых подвоев яблони для интенсивных садов // Садоводство и виноградарство. – 2020. – № 2. – С. 34-40.

5. Мурсалимова Г.Р. Хозяйственно-биологическая характеристика перспективного клонового подвоя яблони // Современное садоводство. – 2017. – № 4. – С. 15-19.

6. Раченко М.А., Намзалов Б.-Ц.Б., Раченко А.М., Худоногова Е.Г. Преадаптивность клоновых подвоев яблони к условиям юга Иркутской области // Вестник Бурятского государственного университета. – 2023. – № 1. – С. 12-20.

7. Мурсалимова Г.Р. Клоновые подвои яблони селекции Оренбургской опытной станции садоводства и виноградарства // Современное садоводство. – 2019. – № 2. – С. 27-34.

8. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур /под общ. редакцией Е.Н. Седова и Т.П. Огольцовой. – Орел: Изд-во ВНИИСПК, 1999. – 608с.

9. Тарова З.Н., Дубровский М.Л., Соловьев А.В. и др. Оценка динамики роста клоновых подвоев яблони в условиях Мичуринского района Тамбовской области // Наука и образование. – 2024. – Т.7. – № 1.

10. Тарова З.Н., Чурикова Н.Л., Данилова Т.А., Гонтюрев А.Н. Влияние продолжительности роста клоновых подвоев яблони на их зимостойкость // Сб. науч. тр., посвящ. 85-летию Мичуринского государственного аграрного университета. – Мичуринск: Мичуринский государственный аграрный университет, 2016. – Т. IV. – С. 208-213.

11. Атрощенко Г.П., Скрипниченко М.М., Асир Н. Оценка слаборослых клоновых подвоев яблони в отводковом маточнике защищенного грунта // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2022. – № 1(66). – С. 57-65.

12. Григорьева Л.В., Григорьев С.И. Морфобиологические показатели клоновых подвоев яблони в интенсивном маточнике // Наука и образование. – 2023. – Т. 6. – № 4. – С. 25-26.

13. Матвеева Н.И. Хозяйственно-биологическая характеристика подвоев семечковых культур в условиях Астраханской области // Вестник КрасГАУ. – 2023. – № 8. – С. 12-23.

14. Папихин Р.В., Соломатин Н.М., Честных Д.Ю., Чурикова Н.Л. Сравнительное изучение новых слаборослых клоновых подвоев яблони в маточнике // Вестник МичГАУ. – 2012. – Ч. 1. – № 1. – С. 50-53.

15. Савин Е.З., Соломатин Н.М., Мушинский А.А. и др. Результаты многолетнего изучения вегетативно размножаемых подвоев яблони в маточнике вертикальных отводков в условиях лесостепной зоны Южного Урала // Вестник КрасГАУ. – 2020. – № 11. – С. 71-80.

16. Тарова З.Н., Боброович Л.В., Дубровский М.Л. и др. Особенности укоренения клоновых подвоев яблони при размножении способом вертикальных отводков // Наука и образование. – 2024. – Т. 7. – № 1.

17. Чурикова Н.Л. Агробиологическая оценка новых клоновых подвоев яблони селекции Мичуринского ГАУ в условиях ЦЧР: дис. … канд. с.-х. наук. – Мичуринск-наукоград: 2018. – 194 с.

18. Шамшин И.Н., Дубровский М.Л., Трифонова А.А. Исследование устойчивости клоновых подвоев яблони из коллекции Мичуринского государственного аграрного университета к мучнистой росе // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2023. – № 27(6). – С. 572-581.

References

1. Register of Breeding Achievements [Electronic resource]. URL: http://gossortrf.ru/registry/ (date of access: 23.12.2025).

2. Bochkarev E.A. Comparative characteristics of clonal apple rootstocks approved for use in the Middle Volga region // Bulletin of the Dagestan State Agrarian University. - 2023. - No. 4 (20). - P. 24-30.

3. Atroshchenko G.P., Gorbacheva N.N., Asir N. Evaluation of introduced forms of clonal apple rootstocks based on the main economic and biological characteristics // Bulletin of the St. Petersburg State Agrarian University. - 2023. - No. 1 (70). - P. 41-50.

4. Trunov Yu.V., Soloviev A.V., Papikhin R.V. Prospects of clonal apple rootstocks for intensive orchards // Horticulture and viticulture. - 2020. - No. 2. - P. 34-40.

5. Mursalimova G.R. Economic and biological characteristics of a promising clonal apple rootstock // Modern gardening. - 2017. - No. 4. - P. 15-19.

6. Rachenko M.A., Namzalov B.-Ts.B., Rachenko A.M., Khudonogova E.G. Pre-adaptability of clonal apple rootstocks

to the conditions of the south of the Irkutsk region // Bulletin of the Buryat State University. - 2023. - No. 1. - P. 12-20.

7. Mursalimova G.R. Clonal apple rootstocks bred at the Orenburg Experimental Station of Horticulture and Viticulture // Modern gardening. - 2019. - No. 2. - Pp. 27-34.

8. Program and methods for variety study of fruit, berry and nut crops / edited by E.N. Sedov and T.P. Ogoltsova. - Orel: Publishing house of VNIISPK, 1999. - 608 p.

9. Tarova Z.N., Dubrovsky M.L., Soloviev A.V. et al. Assessment of the growth dynamics of clonal apple rootstocks in the conditions of the Michurinsky district of the Tambov region // Science and education. - 2024. - Vol. 7. – No. 1.

10. Tarova Z.N., Churikova N.L., Danilova T.A., Gontyurev A.N. The influence of the growth period of clonal apple rootstocks on their winter hardiness // Collection of scientific papers dedicated to the 85th anniversary of Michurinsk State Agrarian University. – Michurinsk: Michurinsk State Agrarian University, 2016. – Vol. IV. – Pp. 208-213.

11. Atroshchenko G.P., Skripnichenko M.M., Asir N. Evaluation of dwarf clonal apple rootstocks in a protected ground layering mother plantation // Bulletin of the St. Petersburg State Agrarian University. – 2022. – No. 1 (66). – Pp. 57-65.

12. Grigorieva L.V., Grigoriev S.I. Morphobiological indicators of clonal apple rootstocks in an intensive mother plant // Science and education. - 2023. - Vol. 6. - No. 4. - Pp. 25-26.

13. Matveeva N.I. Economic and biological characteristics of pome fruit rootstocks in the conditions of the Astrakhan region // Bulletin of KrasSAU. - 2023. - No. 8. - Pp. 12-23.

14. Papikhin R.V., Solomatin N.M., Chestnykh D.Yu., Churikova N.L. Comparative study of new dwarf clonal apple rootstocks in a mother plant // Bulletin of MichSAU. - 2012. - Part 1. - No. 1. - Pp. 50-53.

15. Savin E.Z., Solomatin N.M., Mushinsky A.A., et al. Results of a long-term study of vegetatively propagated apple rootstocks in a mother plantation of vertical layering in the forest-steppe zone of the Southern Urals // Vestnik KrasSAU. - 2020. - No. 11. - Pp. 71-80.

16. Tarova Z.N., Bobrovich L.V., Dubrovsky M.L., et al. Features of rooting of clonal apple rootstocks propagated by vertical layering // Science and Education. - 2024. - Vol. 7. - No. 1.

17. Churikova N.L. Agrobiological evaluation of new clonal apple rootstocks bred by Michurinsk State Agrarian University in the conditions of the Central Black Earth Region: dissertation for the degree of candidate of agricultural sciences. – Michurinsk-science city: 2018. – 194 p.

18. Shamshin I.N., Dubrovsky M.L., Trifonova A.A. Study of resistance of clonal apple rootstocks from the collection of Michurinsk State Agrarian University to powdery mildew // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. – 2023. – No. 27(6). – P. 572-581.

10.52671/26867591_2026_1_42
УДК 634.1.03

ДИНАМИКА РОСТА ОТВОДКОВ КАРЛИКОВЫХ КЛОНОВЫХ ПОДВОЕВ ЯБЛОНИ В МАТОЧНИКЕ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ОТВОДКОВ

БОЧКАРЕВ Е.А., канд. с.-х. наук, доцент, ст. научный сотрудник
Научно-исследовательский институт садоводства и лекарственных растений «Жигулевские сады», г. Самара

GROWTH DYNAMICS OF THE LAYERS OF DWARF CLONAL ROOTSTOCKS OF APPLE TREE IN VERTICAL LAYERING MOTHER PLANTATION

BOCHKAREV E.A., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Senior Researcher
Scientific Research Institute of Horticulture and Medicinal Plants "Zhigulevskie Sady", Samara

Аннотация. Целью исследований являлось изучение основных особенностей роста отводков карликовых клоновых подвоев яблони в маточнике вертикальных отводков. В работе рассмотрена роль карликовых подвоев в интенсивном садоводстве. Объектом исследований являлись карликовые подвои отечественной и зарубежной селекции. Изучена динамика роста отводков в течение вегетации. Наблюдения и учеты проводились по общепринятым методикам. В условиях 2024 г. интенсивный рост отводков у подвойной формы Малыш Будаговского происходил только в первой половине лета, у остальных подвоев, особенно у формы Мичуринск 19, не только в первой, но и во второй половине лета. Длина отводков у изучаемых подвойных форм составляла от 48 до 67 см. В 2025 г. максимальные значения приростов длины отводков были достигнуты уже в первой половине июня, затем интенсивность роста снижалась. В августе отмечено волнообразное усиление роста отводков в длину у форм Мичуринск 12, Мичуринск 19, Р-60, 83-1-15 и, в меньшей степени, 62-396. У подвойной формы Малыш Будаговского заметного усиления ростовых процессов во второй половине лета не происходило. В условиях 2025 г. длина отводков была большей и составляла от 55 до 84 см. Средняя длина отводков у изучаемых клоновых подвоев яблони составила: Малыш Будаговского – 52 см, 62-396 – 61 см, Мичуринск 12 – 62 см, Мичуринск 19 – 63 см, 83-1-15 – 73 см и Р-60 – 76 см. Наиболее выравненные по длине отводки в годы исследований были получены от подвоя 83-1-15.

Ключевые слова: яблоня, клоновый подвой, сила роста, маточник, карликовый подвой

Abstract. *The purpose of the research was to study the main features of the layering growth of dwarf clone rootstocks of apple trees in the vertical layering mother plantation. The paper considers the role of dwarf rootstocks in intensive gardening. The object of research was dwarf rootstocks of domestic and foreign breeding. The dynamics of layering growth during vegetation has been studied. Observations and records were carried out according to generally accepted methods. In the conditions of 2024 intensive layering growth in the rootstock form of Malysh Budagovskogo occurred only in the first half of summer, in other rootstocks, especially in the Michurinsk 19 form, not only in the first, but also in the second half of summer. The length of the layers in the studied rootstock forms ranged from 48 to 67 cm. In 2025, the maximum values of the layering length increases were reached already in the first half of June, then the intensity of growth decreased. In August, there was a wave-like increase in the growth of layers in length in the forms Michurinsk 12, Michurinsk 19, P-60, 83-1-15 and, to a lesser extent, 62-396. In the rootstock form of the Malysh Budagovskogo, there was no noticeable increase in growth processes in the second half of summer. In the conditions of 2025, the layering length was longer and ranged from 55 to 84 cm. The average layering length of the studied clone rootstocks of the apple tree was: Malysh Budagovskogo – 52 cm, 62-396 – 61 cm, Michurinsk 12 – 62 cm, Michurinsk 19 – 63 cm, 83-1-15 – 73 cm and P-60 – 76 cm. The most aligned layering lengths in the years of research were obtained from rootstock 83-1-15.*

Keywords: *apple tree, clonal rootstock, vigor of growth, mother plantation, dwarf rootstock.*

Введение

Современное садоводство основано на возделывании высокопродуктивных садов интенсивного типа, предусматривающих уплотненное размещение плодовых деревьев на единице площади. Плотность насаждений в таких садах может составлять от 800…1000 до 5500 и более деревьев на 1 га. В последнем случае применяются схемы посадки 3,0-3,5×1,0-0,4 м [1, 2]. При такой густоте насаждений деревья должны отличаться максимально компактным габитусом, что возможно достичь только при выращивании на карликовых клоновых подвоях. Помимо обеспечения карликовости деревьев, подвои должны быть высокозимостойкими, устойчивыми к болезням и вредителям, быть хорошо совместимыми с адаптивными сортами яблони, обладать рядом хозяйственно-ценных признаков при вегетативном размножении и т.д. Именно подвою принадлежит важнейшая роль в деле образования высокопродуктивной привойно-подвойной комбинации. Высокую значимость клонового подвоя при формировании основных биометрических параметров дерева, его скороплодности, урожайности, продуктивного долголетия и качества продукции подчеркивают многие отечественные и зарубежные исследователи [3-8]. В связи с этим, очень важно проводить комплексное изучение биологических и др. свойств клоновых подвоев яблони в условиях маточника, питомника и сада.

Целью исследований являлось выявление основных особенностей роста отводков карликовых клоновых подвоев яблони в маточнике вертикальных отводков в течение вегетации.

В задачи исследований входило:

1. Изучить ежедекадную динамику роста отводков в длину с середины мая по конец сентября.
2. Проанализировать величину приростов длины отводков в течение вегетации.
3. Определить среднюю длину отводков и ее варьирование у изучаемых подвойных форм.

Материалы и методы исследований.

Объектом исследований являлись карликовые клоновые подвои яблони Мичуринск 12, Мичуринск 19, 62-396, Малыш Будаговского, 83-1-15 и P-60. За исключением последнего, данные подвои были выведены в ФГБОУ ВО «Мичуринский ГАУ». В настоящее время все они включены в Реестр селекционных достижений, допущенных к использованию в Средневолжском регионе [9, 10]. Клоновый подвой P-60 был создан в Институте садоводства и цветоводства г. Скерневицы (Польша). Подвой хорошо зарекомендовал себя в некоторых регионах, поэтому также был взят на изучение [1, 3, 11]. Некоторые характеристики изучаемых подвойных форм представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики изучаемых клоновых подвоев

Подвойная форма	Происхождение	Год включения в Реестр селекционных достижений, допущенных к использованию в Средневолжском регионе
62-396	13-14×B9	1996
Малыш Будаговского	57-344×57-490	2000
83-1-15	64-143×54-118	2012
Мичуринск 12	85-8-12, св. опыление	2023
Мичуринск 19	82-26-2, св. опыление	2023
P-60	Альнарп 2×B9	–

Изучение подвоев Мичуринской селекции в условиях Среднего Поволжья проводится в рамках договора о научном сотрудничестве с ФГБОУ ВО «Мичуринский ГАУ».

Маточник вертикальных отводков с изучаемыми клоновыми подвоями был заложен в

2023 г. на опытном участке ГБУ СО НИИ «Жигулевские сады», расположенном в с. Малая Царевщина, на верхней террасе в междуречье рек Волга и Сок. Схема закладки маточника – 1,5×0,5 м. Почва – чернозем выщелоченный маломощный легкосуглинистый. Содержание гумуса в почве – 1,2…1,8 %. Реакция почвенного раствора pH = 6,8…7,0.

В качестве контроля был взят широко распространенный в производстве подвой 62-396. Наблюдения и учеты в маточнике проводились в соответствии с Программой и методикой сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур [12].

Проводилось изучение следующих показателей:

- динамика роста отводков. Определялась путем измерения высоты 10 типичных растений в каждом варианте через каждые 10 дней.

- длина отводков. Определялась путем измерения всех полученных отводков после отделения их от маточных кустов.

Результаты.

В 2024 г. выпадение обильных осадков в середине апреля и установившая впоследствии теплая солнечная погода с дневными температурами, доходящими до 26…27 °С, способствовали быстрому началу отрастания маточных кустов и росту отводков. Однако, в начале мая погода сменилась на холодную с периодическими заморозками, что замедлило ростовые процессы. К середине месяца длина отводков у изучаемых подвойных форм достигала 5…9 см (табл. 1). Замедленный рост отводков наблюдался до конца мая. Учеты, проведенные 26 мая, показали, что длина отводков за десятидневный период увеличилась незначительно и достигла 8…12 см. Наиболее медленный рост отводков в длину был у формы 83-1-15.

Таблица 1 – Длина отводков карликовых клоновых подвоев яблони в маточнике, см, 2024 г.

Подвойная форма	Учетная дата													
	16 мая	26 мая	6 июня	16 июня	26 июня	6 июля	16 июля	26 июля	6 авг.	16 авг.	26 авг.	6 сент.	16 сент.	26 сент.
Мичуринск 19	7	11	16	23	29	32	36	41	46	52	55	57	58	59
Мичуринск 12	9	11	20	30	38	42	44	48	54	58	61	62	64	65
Р-60	6	12	22	33	43	47	51	57	64	65	66	66	66	66
62-396 (к)	8	11	21	31	39	43	46	50	57	60	61	63	64	64
Малыш Будаговского	8	10	17	27	34	37	40	43	47	50	52	54	56	57
83-1-15	5	8	16	25	33	37	42	46	52	58	62	66	68	70

С начала июня отмечено усиление вегетативного роста отводков всех изучаемых подвойных форм, особенно Р-60 и 62-396. К 6 июня длина отводков составляла 16…22 см, к 16 июня – 23…33 см, к 26 июня – 29…43 см. Наименьшими значениями длины отводков отличалась форма Мичуринск 19, наибольшими – Р-60.

В последующий период роста, приходящийся на июль, на фоне высоких температур воздуха и дефицита осадков произошло замедление темпов роста отводков. За месячный промежуток времени (с 26 июня до 26 июля) длина отводков у подвойной формы Мичуринск 12 увеличилась с 38 до 48 см (на 26,3 %), Малыш Будаговского – с 34 до 43 см (на 26,5 %), 62-396 – с 39 до 50 см (на 28,2 %), Р-60 – с 43 до 57 см (на 32,6 %), 83-1-15 – с 33 до 46 см (на 39,4 %) и Мичуринск 19 – с 29 до 41 см (на 41,4 %).

Пониженный температурный режим с частыми дождями в период с 26 июля по 6 августа способствовал усилению вегетативного роста у изучаемых форм. Наибольшую длину отводков на учетную дату 6 августа имели клоновые подвои Р-60 и 62-396 – соответственно, 64 и 57 см. Длина отводков 52…54 см была у форм 83-1-15 и Мичуринск 12, длина 46…47 см – Мичуринск 19 и Малыш Будаговского.

К середине августа, несмотря на обилие осадков и тепла, наблюдалась тенденция к резкому замедлению роста отводков у форм Р-60 и 62-396. У форм Малыш Будаговского и Мичуринск 12 снижение темпов роста было менее выраженным, а у форм Мичуринск 19 и 83-1-15 рост отводков продолжался. В конце августа рост отводков в длину у Р-60 и 62-396 практически прекратился, в то время как у остальных форм он еще продолжался. К этому времени длина отводков варьировала от 52 см (Малыш Будаговского) до 66 см (Р-60).

В сентябре практически у всех подвойных форм, за исключением 83-1-15, наблюдались нулевые или минимальные приросты длины отводков. К концу месяца средняя длина отводков у формы Малыш Будаговского достигла 57 см, Мичуринск 12 – 59 см, 62-396 – 64 см, Мичуринск 19 – 65 см, Р-60 – 66 см, 83-1-15 – 70 см.

Наглядное представление о динамике роста отводков за вегетационный период дает график приростов длины отводков по учетным датам (рис. 1).

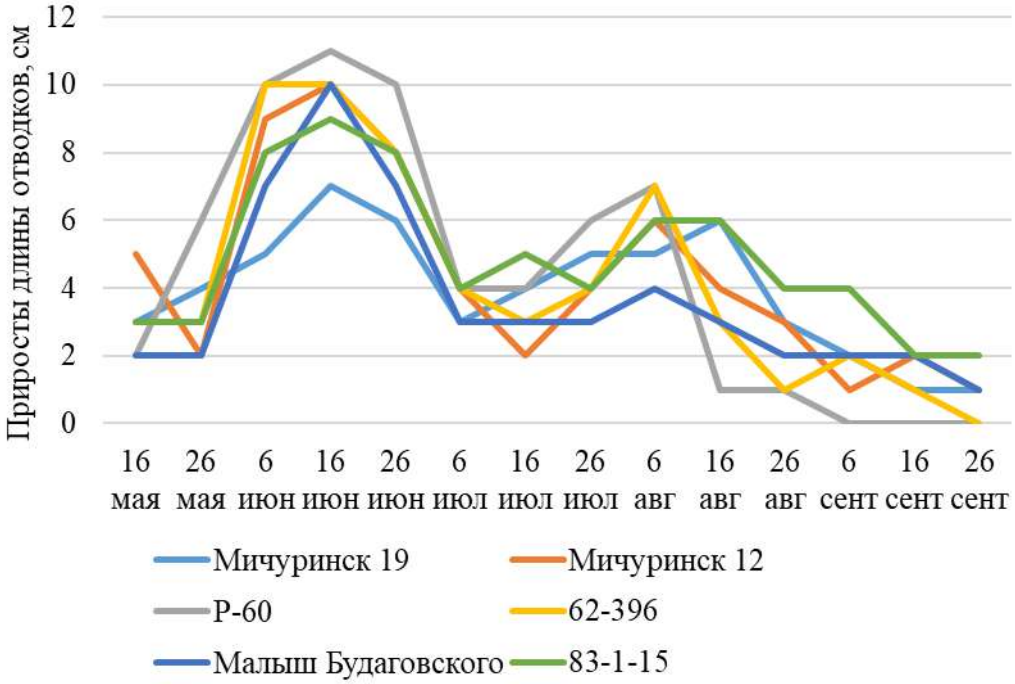


Рисунок 1 – Динамика приростов длины отводков, 2024 г.

Наибольшие приросты длины отводков у всех подвойных форм были достигнуты к середине июня. В это время приросты за 10-дневный период у формы Мичуринск 19 составляли 7 см, у 83-1-15 – 9 см, у Мичуринск 12, 62-396 и Малыш Будаговского – 10 см, у Р-60 – 11 см. Другими словами, в зависимости от подвоя, ежедневные приросты длины отводков в этот период были 0,7…1,1 см. В дальнейшем темпы приростов снизились, достигая минимума к 6 июля, за исключением форм Мичуринск 12 и 62-396, у которых минимальные приросты были отмечены к 16 июля.

В период с 26 июля по 6 августа отмечалось усиление приростов длины отводков у форм Р-60, 62-396 и Мичуринск 12. У подвоев Мичуринск 19 и 83-1-15 относительно высокие значения приростов сохранялись вплоть до середины августа. Рост отводков формы Малыш Будаговского в условиях второй половины лета во все учетные сроки проходил без заметных скачков значений приростов.

Таким образом, можно отметить, что интенсивный рост отводков у подвойной формы Малыш Будаговского происходил только в первой половине лета, тогда как у остальных подвоев, особенно у формы Мичуринск 19, не только в первой, но и во второй половине лета.

В 2025 г. вся первая половина апреля, а также конец апреля и начало мая отличалась благоприятными температурным и влажностным режимами, поэтому отрастание маточных кустов началось относительно рано, а рост отводков проходил достаточно интенсивно. Уже к 15 мая длина отводков у изучаемых подвойных форм достигала 14…20 см (табл. 2).

Таблица 2 – Длина отводков карликовых клоновых подвоев яблони в маточнике, см, 2025 г.

Подвойная форма	Учетная дата													
	15 мая	25 мая	5 июня	15 июня	25 июня	5 июля	15 июля	25 июля	5 авг.	15 авг.	25 авг.	5 сент.	15 сент.	25 сент.
Мичуринск 19	15	23	34	45	54	60	64	66	72	73	76	78	79	79
Мичуринск 12	16	23	33	45	53	57	61	64	69	71	73	74	74	74
Р-60	18	28	39	53	61	68	73	77	84	86	88	88	88	88
62-396 (к)	20	28	41	51	57	64	67	68	70	71	73	74	74	74
Малыш Будаговского	18	26	35	48	55	57	59	60	61	61	62	62	62	62
83-1-15	14	21	33	44	51	58	63	66	73	75	79	81	83	84

Третья декада мая отличалась умеренным температурным режимом и регулярно выпадающими осадками, в связи с чем наблюдался быстрый рост отводков в длину. Измерения, проведенные 25 мая показали, что длина отводков у изучаемых подвойных форм составляла 21…28 см. Наибольшая длина отводков была у форм Р-60 и 62-396, наименьшая – 83-1-15.

В начале и середине июня жаркая солнечная погода чередовалась с влажной и более прохладной. В это время рост отводков был наиболее интенсивным, и длина отводков к 5 июня достигала 33…41 см, а к 15 июня – 44…53 см. Начиная с середины июня и вплоть до следующей учетной даты (25 июня) почти ежедневно отмечалось выпадение дождей различной интенсивности. При этом, несмотря на благоприятные условия увлажнения, темпы приростов длины отводков снизились. В конце июня длина отводков составляла 51…61 см, при этом особенно рослыми были отводки у подвоя польской селекции Р-60.

Последующие 10 дней так же были прохладными и дождливыми. Учеты, проведенные 5 июля, показали, что у изучаемых подвойных форм наблюдалось еще большее замедление роста отводков в длину по сравнению с предыдущим учетным периодом. К концу июля приросты были минимальными и длина отводков находилась в пределах 60…77 см.

В период с 25 июля по 5 августа отмечалась активизация ростовых процессов. К 5 августа длина отводков составляла: Малыш Будаговского – 61 см, Мичуринск 12 – 69 см, 62-396 – 70 см, Мичуринск 19 – 72 см, 83-1-15 – 73 см и Р-60 – 84 см. Во все последующие учетные даты наблюдалось замедление роста отводков в длину. К концу сентября этот показатель у изучаемых подвойных форм составлял 62…88 см.

Анализируя динамику приростов длины отводков по периодам наблюдений, можно отметить, что максимальные значения приростов были достигнуты уже к 5…15 июня (рис. 2).

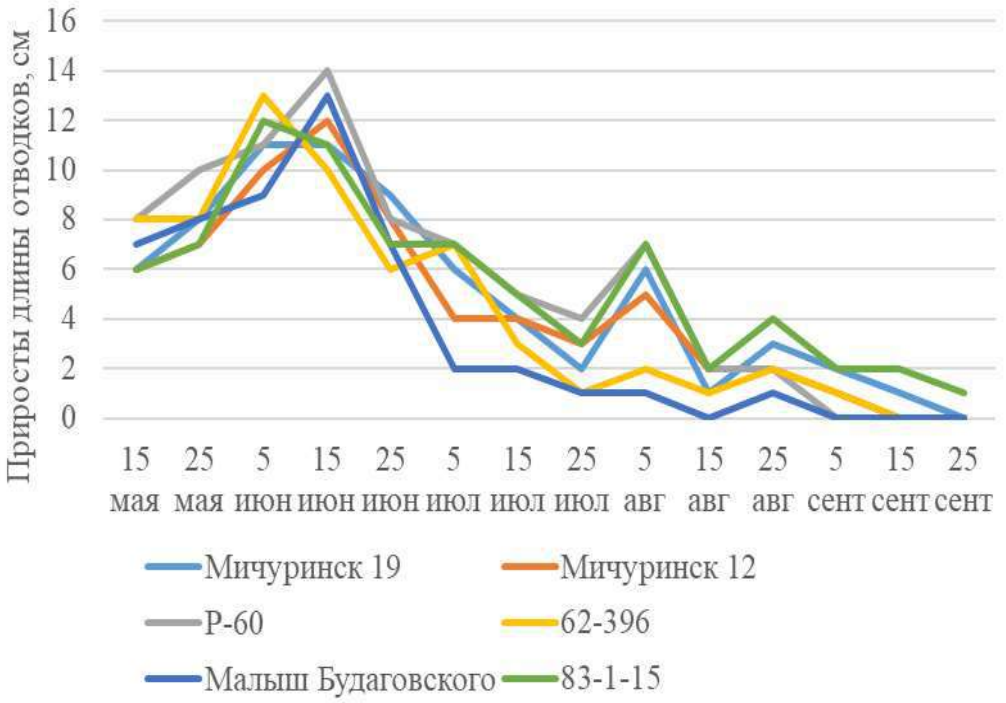


Рисунок 2 – Динамика приростов длины отводков, 2025 г.

В дальнейшем приросты длины отводков у всех подвойных форм снижались вплоть до 25 июля. В августе отмечено волнообразное усиление роста отводков в длину у форм Мичуринск 12, Мичуринск 19, Р-60, 83-1-15 и, в меньшей степени, 62-396. У данных подвоев к 5 августа приросты длины отводков за 10-дневный период составляли 2…7 см, а к 25 августа – 2…4 см. У подвойной формы Малыш Будаговского заметного усиления ростовых процессов во второй половине лета не происходило. Полученные данные по динамике приростов длины отводков, в целом, совпадают с результатами наблюдений в предыдущем году.

После отделения от маточных кустов проводилось измерение длины всех полученных отводков. В 2024 г. у изучаемых подвоев длина отводков составляла от 48 см (Малыш Будаговского) до 67 см (Р-60). Математическая обработка результатов измерений показала, что влияние подвоя на длину отводков было достоверным. При этом, различия в длине отводков у форм 62-396, Мичуринск 19, Малыш Будаговского и Мичуринск 12 были несущественными. По длине отводков существенно превосходили контроль формы Р-60 и 83-1-15.

Наиболее выравненные по длине отводки были получены от подвойной формы 83-1-15. Среднее квадратическое отклонение длины отводков у этой формы составило 13,4 см, а коэффициент вариации – 19,4 % (табл. 3). Близкими к этим значениям показателями выравненности отводков по длине характеризовалась подвойная форма Малыш Будаговского. Наибольшее варьирование длины отводков было отмечено у форм Р-60 и 62-396, среднее – у форм Мичуринск 12 и Мичуринск 19.

В условиях 2025 г. длина отводков была большей и составляла от 55 см (Малыш Будаговского) до 84 см (Р-60). Подвойная форма оказывала достоверное влияние на данный показатель. По длине отводков существенные различия с контролем отмечалось у форм Малыш Будаговского, Р-60 и 83-1-15.

Наиболее выравненные по длине отводки, как и в предыдущем году, были у подвойной формы 83-1-15. Среднее квадратическое отклонение длины отводков у этой формы составило 9,3 см, а коэффициент вариации – 11,6 %. Наибольшее варьирование длины отводков было отмечено у форм Мичуринск 12 и Малыш Будаговского (σ = 10,5…12,8 см, V = 18,5…19,6 %). Это связано с образованием в 2025 г. большего количества т.н. «недогона» у подвоя Малыш Будаговского и перерастанием части отводков у подвоя Мичуринск 12. У остальных подвойных форм среднее квадратическое отклонение длины отводков находилось в пределах 11,0…14,7 см при значениях коэффициента вариации 15,4…17,6 %.

В среднем за 2 года длина отводков у изучаемых клоновых подвоев яблони составила: Малыш Будаговского – 52 см, 62-396 – 61 см, Мичуринск 12 – 62 см, Мичуринск 19 – 63 см, 83-1-15 – 73 см и Р-60 – 76 см.

Обсуждение.

Изучение динамики роста отводков карликовых клоновых подвоев яблони проводилось рядом исследователей в других почвенно-климатических регионах нашей страны.

Исследованиями Т.В. Меншутиной (2019), проводившимися в засушливых условиях Северного Прикаспия, было установлено, что при размножении в маточнике рост отводков клоновых подвоев яблони происходил, во-первых, непрерывно в течение всей вегетации вплоть до полного их вызревания. Во-вторых, были выделены две фазы наиболее интенсивного роста отводков: в первой декаде июня и в третьей декаде июля-первой декаде августа.

Таблица 3 – Длина отводков изучаемых подвойных форм, см, 2024…2025 гг.

Показатели	Подвойная форма																	
	Мичуринск 19			Мичуринск 12			Р-60			62-396			Малыш Будаговского			83-1-15		
	2024	2025	Ср.	2024	2025	Ср.	2024	2025	Ср.	2024	2025	Ср.	2024	2025	Ср.	2024	2025	Ср.
$\bar{x}$, см	55	71	63	58	65	62	67	84	76	54	68	61	48	55	52	66	79	73
σ, см	12,6	11,0	–	14,3	12,8	–	20,1	14,7	–	16,1	11,5	–	10,4	10,5	–	13,4	9,3	–
V, %	22,3	15,4	–	24,7	19,6	–	29,0	17,6	–	29,3	16,5	–	20,7	18,5	–	19,4	11,6	–
$НСР_{05}$	9,7	9,7	–	9,7	9,7	–	9,7	9,7	–	9,7	9,7	–	9,7	9,7	–	9,7	9,7	–

Измерение длины отводков после их отделения от маточных кустов показало, что средняя их длина у формы 62-396 составляла 69,0 см, а у формы Р-60 – 90,4 см. Отводки у польского подвоя Р-60 отличались наибольшей длиной среди прочих изучаемых форм [3].

Изучение динамики роста отводков клоновых подвоев яблони в Мичуринском ГАУ позволило выделить две основные группы подвоев. К первой относились формы с ранним пробуждением почек и активным ростом в первой половине вегетации (май-июнь). В третьей декаде июня рост приостанавливался, приросты длины были минимальными. Затем рост отводков возобновлялся, но был слабовыраженным, а в первой декаде августа вовсе прекращался. К этой группе относились подвои Парадизка Будаговского (В9), 62-396, Малыш Будаговского и др. Во вторую группу были выделены клоновые подвои, отводки которых продолжали активно расти и во второй половине вегетации: 83-1-15, 76-23-2, 75-1-62 и др. [13].

Длина получаемых отводков клоновых подвоев яблони во многом определяется сортовыми особенностями подвоев, почвенно-климатическими условиями региона возделывания и погодными условиями периода вегетации. Научные исследования, проведенные в 2020…2021 гг. в учебно-опытном саду Санкт-Петербургского ГАУ, включали изучение поведения в маточнике слаборослых клоновых подвоев яблони, в том числе 62-396 и Малыш Будаговского. В результате было получено, что длина отводков у подвойной формы 62-396 изменялась по годам в пределах 98,6…145,8 см, а у формы Малыш Будаговского – 48,4…80,5 см [14]. При этом, из всех изучаемых клоновых подвоев у формы Малыш Будаговского длина отводков была наименьшей.

Схожие результаты были получены по итогам изучения морфобиологических показателей клоновых подвоев яблони в интенсивном маточнике в Тамбовской области. Наименьшая длина отводков была у подвоя Малыш Будаговского – 55,3 см. Длиной побегов более 70 см отличались формы 62-396 (75,7 см) и Р-60 (71,2 см) [15].

В условиях Астраханской области в 2020…2022 гг. изучали рост и развитие клоновых подвоев различной силы роста. Среди карликовых подвойных форм наименьшей длиной отводков

характеризовались СК-3 (58,0 см) и Малыш Будаговского (64,9 см). У формы 83-1-15 средняя длина отводков составляла 85,3 см. Наибольшей длиной (100,5 см) обладали отводки подвойной формы 76-3-6 [16].

Таким образом, отмеченные нами особенности роста отводков карликовых клоновых подвоев яблони, в целом, находят подтверждение в результатах исследований в других регионах. Дальнейшее изучение перспективных форм слаборослых клоновых подвоев яблони в маточнике, питомнике и саду будет представлять большой интерес для интенсивного садоводства Среднего Поволжья.

Выводы.

По результатам исследований можно сделать следующие выводы.

1. Старт ростовых процессов и их интенсивность в весенний период во многом определяются температурным режимом и количеством осадков во второй половине апреля-начале мая. В условиях 2024 г. длина отводков у изучаемых подвойных форм к концу мая составляла 8…12 см, тогда как в более благоприятных условиях 2025 г. – 21…28 см.

2. С начала июня отмечается усиление роста отводков в длину, который достигает максимума (0,7…1,4 см в день) к середине месяца и сохраняет эти значения в течение примерно 10 дней. С конца июня и практически до конца июля рост отводков ослабевает более чем в 2 раза вне зависимости от условий увлажнения. Повышенные температуры воздуха в этот период способствуют еще большему снижению величины приростов.

3. В период конец июля-середина августа у подвойных форм Мичуринск 12, Мичуринск 19, 62-396, Р-60 и 83-1-15 наблюдается усиление приростов длины отводков, что свидетельствует об интенсивном росте этих подвоев как в первой, так и во второй половине лета. Отводки подвойной формы Малыш Будаговского интенсивно растут только в первой половине лета.

4. Средняя длина отводков у изучаемых клоновых подвоев яблони составила: Малыш Будаговского – 52 см, 62-396 – 61 см, Мичуринск 12 – 62 см, Мичуринск 19 – 63 см, 83-1-15 – 73 см и Р-60 – 76 см. Наиболее выравненные по длине отводки давала подвойная форма 83-1-15.

Список литературы

1. Муханин И.В. Анализ сорто-подвойных комбинаций в средней зоне садоводства России на пригодность для интенсивных и суперинтенсивных садов // Научные основы эффективного садоводства: сб. науч. тр. – Мичуринск, 2006. – С. 133-140.

2. Бочкарев Е.А. Перспективные сорто-подвойные комбинации яблони для интенсивного садоводства в Среднем Поволжье // Известия Самарской ГСХА. – 2024. – № 1. – С. 72-80.

3. Меншутина Т.В. Хозяйственно-биологическая оценка клоновых подвоев и привойно-подвойных комбинаций яблони в аридных условиях Северного Прикаспия: дис. … канд. с.-х. наук. – с. Соленое Займище: 2019. – 171 с.

4. Журавлева А.В. Влияние клоновых подвоев 54-118 и 62-396 на биометрические показатели саженцев яблони // Достижения науки и техники АПК. –2018. – Т. 32. – № 11. – С.57-59.

5. Оплачко Р.А. Хозяйственно-биологическая оценка слаборослых клоновых подвоев яблони для производства посадочного материала с высокой окулировкой: дис. … канд. с.-х. наук. – Краснодар: 2019. – 146 с.

6. Kosina J. Effect of dwarfing and semi dwarfing apple rootstocks on growth and productivity of selected apple cultivars // Hort. Sci. (Prague). – 2010. – Vol. 37. – No. 4. – P. 121-126.

7. Webster A.D., Hollands M.S. Apple rootstock studies: Comparison of Polish, Russian, USA and UK selections as rootstocks for the apple cultivar Cox’s Orange Pippin (Malus domestica Borkh.) // Journal Hort. Sci. Biotech. – 1999. – No 74(3). – pp. 367-374.

8. Tworkoski T., Miller S. Rootstock effect on growth of apple scions with different growth habits // Sci. Hortic. – 2007. – No 111(4). – pp. 335-343.

9. Реестр селекционных достижений [Электронный ресурс]. URL: http://gossortrf.ru/registry/ (дата обращения: 22.12.2025 г.).

10. Бочкарев Е.А. Сравнительная характеристика клоновых подвоев яблони, допущенных к использованию в Средневолжском регионе // Известия Дагестанского ГАУ. – 2023. – №4 (20). – С. 24-30.

11. Григорьева Л.В., Балашов А.А., Ершова О.А. Урожай и рост привойно-подвойных комбинаций яблони в интенсивном саду // Достижения науки и техники АПК. – 2010. – № 11. – С. 59-61.

12. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / под общ. ред. Е.Н. Седова и Т.П. Огольцовой. – Орел: Изд-во ВНИИСПК, 1999. – 608с.

13. Тарова З.Н., Дубровский М.Л., Соловьев А.В. Оценка динамики роста клоновых подвоев яблони в условиях Мичуринского района Тамбовской области // Наука и образование. – 2024. – Т.7. – № 1.

14. Атрощенко Г.П., Скрипниченко М.М., Асир Н. Оценка слаборослых клоновых подвоев яблони в отводковом маточнике защищенного грунта // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2022. – № 1(66). – С. 57-65.

15. Григорьева Л.В., Григорьев С.И. Морфобиологические показатели клоновых подвоев яблони в интенсивном маточнике // Наука и образование. – 2023. – Т. 6. – № 4. – С. 25-26.

16. Матвеева Н.И. Хозяйственно-биологическая характеристика подвоев семечковых культур в условиях Астраханской области // Вестник КрасГАУ. – 2023. – № 8. – С. 12-23.

References

1. Mukhanin I.V. Analysis of Variety-Rootstock Combinations in the Central Horticultural Zone of Russia for Suitability for Intensive and Super-Intensive Orchards // Scientific Foundations of Effective Horticulture: Collection of Scientific Papers. – Michurinsk, 2006. – Pp. 133-140.

2. Bochkarev E.A. Promising Variety-Rootstock Combinations of Apple Trees for Intensive Horticulture in the Middle Volga Region // Bulletin of the Samara State Agricultural Academy. – 2024. – No. 1. – Pp. 72-80.

3. Menshutina T.V. Economic and Biological Assessment of Clonal Rootstocks and Scion-Rootstock Combinations of Apple Trees in Arid Conditions of the Northern Caspian Region: Dissertation for the Degree of Candidate of Agricultural Sciences. – Solenoye Zaimishche: 2019. – 171 p.

4. Zhuravleva AV Effect of clonal rootstocks 54-118 and 62-396 on the biometric parameters of apple seedlings // Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. – 2018. – Vol. 32. – No. 11. – Pp. 57-59.

5. Oplachko R.A. Economic and biological assessment of dwarf clonal apple rootstocks for the production of planting material with high budding: Dissertation for the degree of Candidate of Agricultural Sciences. – Krasnodar: 2019. – 146 p.

6. Kosina J. Effect of dwarfing and semi-dwarfing apple rootstocks on growth and productivity of selected apple cultivars // Hort. Sci. (Prague). – 2010. – Vol. 37. – No. 4. – P. 121-126.

7. Webster A.D., Hollands M.S. Apple rootstock studies: Comparison of Polish, Russian, USA and UK selections as rootstocks for the apple cultivar Cox's Orange Pippin (Malus domestica Borkh.) // Journal Hort. Sci. Biotech. – 1999. – No. 74(3). – pp. 367-374.

8. Tworkoski T., Miller S. Rootstock effect on growth of apple scions with different growth habits // Sci. Hortic. – 2007. – No. 111(4). – pp. 335-343.

9. Register of selection achievements [Electronic resource]. URL: http://gossortrf.ru/registry/ (date of access: 22.12.2025).

10. Bochkarev E.A. Comparative characteristics of clonal apple rootstocks approved for use in the Middle Volga region // Bulletin of the Dagestan State Agrarian University. - 2023. - No. 4 (20). - Pp. 24-30.

11. Grigorieva L.V., Balashov A.A., Ershova O.A. Yield and growth of scion-rootstock combinations of apple trees in an intensive orchard // Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. - 2010. - No. 11. - Pp. 59-61.

12. Program and methods for variety study of fruit, berry and nut crops / under the general editorship of E.N. Sedova and T.P. Ogoltsova. - Orel: Publishing house of VNIISPK, 1999. - 608 p.

13. Tarova Z.N., Dubrovsky M.L., Soloviev A.V. Evaluation of the growth dynamics of clonal apple rootstocks in the conditions of the Michurinsky district of the Tambov region // Science and education. - 2024. - Vol. 7. - No. 1.

14. Atroshchenko G.P., Skripnichenko M.M., Asir N. Evaluation of dwarf clonal apple rootstocks in a layering mother plantation of protected ground // Bulletin of the St. Petersburg State Agrarian University. - 2022. - No. 1 (66). - P. 57-65.

15. Grigorieva L.V., Grigoriev S.I. Morphobiological indicators of clonal apple rootstocks in intensive mother horticulture // Science and education. - 2023. - Vol. 6. - No. 4. - Pp. 25-26.

16. Matveeva N.I. Economic and biological characteristics of pome fruit rootstocks in the Astrakhan region // Bulletin of KrasSAU. - 2023. - No. 8. - Pp. 12-23.

10.52671/26867591_2026_1_49
УДК 633.15:631.53

УРОЖАЙНОСТЬ ГИБРИДОВ КУКУРУЗЫ В РЕСПУБЛИКЕ ДАГЕСТАН В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ УДОБРЕНИЙ

ДЖАНАЕВ Р.Б., аспирант
МАГОМЕДОВА Д.С., д-р с.-х. наук, профессор
КУРБАНОВ С.А., д-р с.-х. наук, профессор
ФГБОУ ВО Дагестанский ГАУ, г. Махачкала, Россия

YIELD OF CORN HYBRIDS IN THE REPUBLIC OF DAGESTAN DEPENDING ON THE APPLICATION OF COMPLEX FERTILIZERS

DZHANAEV R.B., postgraduate student
MAGOMEDOVA D.S., Doctor of Agricultural Sciences, Professor
KURBANOV S.A., Doctor of Agricultural Sciences, Professor
Dagestan State Agrarian University, Makhachkala, Russia

Аннотация. В 2021-2023 гг. на опытном поле ФГБОУ ВО Дагестанского ГАУ в орошаемых условиях Терско-Сулакской низменности изучили эффективность некорневой подкормки комплексными удобрениями и биостимулятором роста на среднеранних гибридах кукурузы отечественной селекции. В среднем за три года установили, что изучаемые факторы (гибриды и удобрения) влияют на сроки наступления основных фаз развития кукурузы, удлиняя продолжительность вегетации на 3…6 дней, усиливают рост надземной и подземной части растений в среднем на 4,4 и 8,3% соответственно, оптимизируют фотосинтетическую деятельность посевов. Повышение фотосинтетического потенциала на 18,0…24,8%, накопления сухого вещества на 6,3…8,6% и КПД ФАР способствовало повышению урожайности у всех гибридов кукурузы. Наибольшая урожайность получена по гибриду Лидер 240 СВ – 6,95 т/га, что на 11,9% выше контроля. На основании полученных результатов и оценки параметров адаптивности рекомендован гибрид Лидер 240 СВ и двукратная некорневая подкормка смесью комплексного удобрения Ультрамаг Комби и биостимулятора роста Биостим кукуруза в фазе 3…4 листа и через 10 дней после первой.

Ключевые слова: гибриды кукурузы, комплексные удобрения, биостимулятор, фотосинтетическая деятельность, урожайность.

Abstract. *In 2021-2023, the effectiveness of non-root fertilization with complex fertilizers and a biostimulator of growth on medium-early corn hybrids of domestic breeding was studied in the experimental field of the Dagestan State Agrarian University in the irrigated conditions of the Tersko-Sulak lowland. Over an average of three years, it was found that the studied factors (hybrids and fertilizers) affect the timing of the onset of the main phases of corn development, extending the duration of vegetation by 3...6 days, enhance the growth of aboveground and underground parts of plants by an average of 4.4 and 8.3%, respectively, optimize the photosynthetic activity of crops. An increase in photosynthetic potential by 18.0...24.8%, accumulation of dry matter by 6.3...8.6%, and the efficiency of headlamps contributed to an increase in yields in all corn hybrids. The highest yield was obtained for the hybrid Leader 240 CB – 6.95 t/ha, which is 11.9% higher than the control. Based on the results obtained and an assessment of the adaptivity parameters, a hybrid of Leader 240 CB and a two-fold foliar top dressing with a mixture of complex fertilizer Ultra-magnetic and biostimulator growth Biostim corn in the 3...4 leaf phase and 10 days after the first/*

Keywords: *corn hybrids, complex fertilizers, biostimulator, photosynthetic activity, yield*.

Введение. Кукуруза – одна из важнейших сельскохозяйственных культур мирового земледелия, обладающая высокой потенциальной продуктивностью, которая реализуется не в полной мере. Ведущая роль в повышении продуктивности кукурузы принадлежит удобрениям, которые являются одним из быстродействующих урожаеобразующих факторов [1, 3, 7, 8, 10, 11, 12, 16, 18]. В последние годы в передовых технологиях возделывания сельскохозяйственных культур, в том числе и кукурузы, стали использовать комплексные удобрения, содержащие азот и сбалансированные пропорции микроэлементов в хелатной форме, позволяющие оптимизировать минеральное питание [2, 6, 13, 14, 17]. Не менее важным направлением в повышении продуктивности кукурузы на зерно является подбор сортов и гибридов, обладающих высокой жизнеспособностью и устойчивостью к неблагоприятным абиотическим и биотическим факторам, а также рядом других хозяйственно ценных признаков [9, 15].

Цель исследования. В связи с этим, цель наших исследований заключалась в совершенствовании системы удобрений на основе применения листовых подкормок при возделывании гибридов кукурузы на зерно в орошаемых условиях Терско-Сулакской низменности Республики Дагестан.

Методы исследований. Исследования проводили в 2021-2023 гг. на орошаемых луговых среднесуглинистых почвах опытного поля кафедры земледелия, почвоведения и мелиорации Дагестанского ГАУ. Почвы опытного участка характеризуются средним содержанием гумуса – 4,15 %, средней обеспеченностью легкогидролизуемым азотом – 42 мг/кг почвы, низкой обеспеченностью подвижным фосфором – 18 мг/кг и средней обеспеченностью обменным калием – 250 мг/кг почвы. Агрофизические показатели плодородия орошаемой почвы характеризуются объемной массой корнеобитаемого слоя 1,28 т/м^3. В качестве объектов исследований были использованы гибриды кукурузы: Краснодарский 291 АМВ селекции ФГБНУ «Национальный центр зерна имени П.П. Лукьяненко», Лидер 240 СВ селекции ООО «Лидер» и Хопер 255 МВ селекции ФГБНУ «ФНЦ ВНИИГИМ им. А.Н. Костякова».

Все наблюдения, измерения и анализы проводились в соответствии с методикой полевого опыта Б.А. Доспехова [5]. Погодные условия в годы проведения опыта в целом были благоприятными. Весенне-летнее развитие гибридов кукурузы проходило при колебаниях гидротермического коэффициента от 0,23 до 0,43.

Полевой двухфакторный опыт проводился по следующей схеме: гибриды кукурузы (фактор А) – Краснодарский 291 АМВ, контроль, Хопер 255 МВ и Лидер 240 СВ; комплексные удобрения и стимулятор роста (фактор В) – двукратная некорневая обработка водой, контроль; Нутривант Плюс (НП) 2 кг/га, Ультрамаг Комби (УК) 2 л/га + Биостим кукуруза (БК) 1,2 л/га. Некорневая обработка проводилась в фазе 3-4 листа и через 10 дней после первой. Площадь делянки в опыте составляла 112 м^2, посев проводился по схеме 0,70 × 0,20 м, повторность – 3-кратная, размещение делянок – рендомизированное.

Результаты. Наши исследования показали, что продолжительность вегетационного периода зависело от биологических особенностей гибридов и

различалась на 5…7 суток. Применение комплексного удобрения Нутривант Плюс способствует удлинению периода вегетации всех изучаемых гибридов кукурузы на 3-5 дней, что связано с удлинением фаз развития к выметыванию культуры. Двукратная обработка смесью Ультрамаг Комби + Биостим кукуруза привела к еще большему увеличению периоду вегетации гибридов – на 1-2 дня. Отмечено влияние изучаемых факторов на высоту растений кукурузы и развитие корневой системы (рис. 1). Лучшее развитие корневой системы отмечено у гибридов Хопёр 255 и Лидер 240, которых накопление корневой массы было на 9,2 и 14,9 т/га больше, чем у гибрида Краснодарский 291.



Рисунок 1 – Накопление корневой массы гибридов кукурузы в метровом слое в зависимости от применения листовых подкормок, т/га (2021-2023 гг.)

Применение листовых подкормок показало, что наибольший прирост корневой массы отмечен у всех гибридов отмечен на варианте, сочетающем применение Ультрамаг Комби + Биостим кукуруза - 3,509…3,928 т/га, превышая контрольный вариант в среднем на 8,3%.

Листовая поверхность является главным аппаратом взаимодействия растений со средой, при помощи которого улавливается энергия солнечной радиации, а в процессе фотосинтеза преобразуется в потенциальную энергию органического вещества. Формирование листовой поверхности и ее оптимальные параметры необходимо рассматривать с учетом изменений в показателях фотосинтетической деятельности (ФП – фотосинтетический потенциал, СВ – накопление сухого вещества, СПП – скорость прироста посевов), которые приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Фотосинтетическая деятельность гибридов кукурузы в зависимости от применения листовых подкормок (2021-2023 гг.)

Гибрид	Комплексные удобрения и стимулятор роста	Площадь листьев, тыс. м^2/га	ФП тыс. м^2 ×дн./га	СВ, т/га	КПД ФАР, %
Краснодарский 291, контроль	Обработка водой, контроль	39,8	2129	8,35	1,25
	Нутривант Плюс	44,6	2453	8,70	1,27
	Ультрамаг Комби + Биостим кукуруза	46,7	2615	9,04	1,30
Хопёр 255 МВ	Обработка водой, контроль	42,9	2317	8,80	1,28
	Нутривант Плюс	48,3	2729	9,29	1,32
	Ультрамаг Комби + Биостим кукуруза	51,0	2907	9,58	1,34
Лидер 240 СВ	Обработка водой, контроль	43,8	2475	9,33	1,33
	Нутривант Плюс	50,1	2906	9,80	1,37
	Ультрамаг Комби + Биостим кукуруза	52,8	3115	10,14	1,39
	$НСР_{05}$	3,2	179	0,64	0,05

Анализ фотосинтетической деятельности среди сравниваемых гибридов кукурузы показывает, что лучшие показатели отмечены у сорта Лидер 240, у которого сформировалась самая высокая площадь листовой поверхности – 48,9 тыс. м^2/га, ФП – 2832 тыс. м^2×дн./га, накоплено СВ – 9,75 т/га и КПД ФАР – 1,36%. Эти значения выше, чем у контрольного гибрида Краснодарский 291, соответственно на 11,9; 18,0 и при КПД ФАР - 1,27%. Значения фотосинтетических показателей у гибрида Хопер 255 занимали промежуточное положение.

Применение комплексных удобрений НП, УК и биостимулятора БК также оказали существенное влияние на рост показателей фотосинтетической деятельности. В частности, применение комплексного удобрения Нутривант Плюс повысило по сравнению с

контролем прирост ассимиляционной поверхности на 13,0% и ФП – на 16,9%, однако прирост СВ составил всего 4,9%. Более существенное увеличение показателей фотосинтетической деятельности отмечено при применении комплексного удобрения в сочетании с биостимулятором. Двукратная некорневая подкормка этим комплексом способствовала росту площади листьев на 18,9 %, ФП – 24,8%, СВ – на 8,6% и КПД ФАР достигла 1,39% при КПД ФАР на контроле – 1,30%.

Однако максимальные значения получены по гибриду Лидер 240 СВ при сочетании Ультрамаг Комби + Биостим кукуруза, обеспечившее нарастание площади листьев до 52,8 тыс. м^2/га, накопление ФП и СВ до 3115 тыс. м^2×дн./га и 10,14 т/га соответственно при росте КПД ФАР на 1,39%.

Урожайность является интегральным показателем, определяющим эффективность изучаемых приемов агротехники кукурузы на зерно (табл. 2).

Таблица 2 - Урожайность гибридов кукурузы в зависимости от применения стимуляторов роста (2021-2023 гг.)

Гибриды (фактор А)	Стимуляторы роста (фактор В)	2021 г.	2022 г.	2023 г.	Средняя
Краснодарский 291 АМВ контроль	Обработка водой, контроль	5,78	5,64	5,80	5,74
	Нутривант Плюс	6,01	5,81	6,09	5,97
	Ультрамаг Комби + Биостим кукуруза	6,24	6,12	6,27	6,21
Хопёр 255 МВ	Обработка водой, контроль	6,07	5,85	6,23	6,05
	Нутривант Плюс	6,41	6,12	6,58	6,37
	Ультрамаг Комби + Биостим кукуруза	6,64	6,38	6,72	6,58
Лидер 240 СВ	Обработка водой, контроль	6,45	6,22	6,56	6,41
	Нутривант Плюс	6,77	6,54	6,85	6,72
	Ультрамаг Комби + Биостим кукуруза	7,02	6,73	7,10	6,95
$НСР_{05}$ (А)		0,27	0,26	0,29	
$НСР_{05}$ (В)		0,19	0,21	0,22	
$НСР_{05}$ (АВ)		0,32	0,37	0,35	

Анализируя данные таблицы 2 можно сделать вывод о том, что наиболее благоприятные погодные условия сложились в 2023 году, когда средняя урожайность зерна кукурузы составила 6,47 т/га, что на 5,2% выше, чем в менее благоприятном 2022 году. Сравнивая данные по урожайности изучаемых среднеранних гибридов кукурузы, можно отметить, что за три года исследований наибольшая урожайность в данных почвенно-климатических условиях получено по сорту Лидер 240 СВ – в среднем 6,69 т/га, что на 12,1% выше, чем у контроля (Краснодарский 291 АМВ). Гибрид Хопер 255 МВ занимал по урожайности промежуточное положение.

Некорневая двукратная обработка стимуляторами роста оказала существенное влияние на повышение урожайности зерна кукурузы, в основном за счет большей массы зерна с 1 растения. Наибольшая эффективность достигнута при применении смеси Ультрамаг Комби + Биостим кукуруза, где получена средняя урожайность 6,58 т/га, независимо от гибрида, что 8,4% превышает контрольный вариант. Наибольший эффект от применения данного сочетания получен по гибриду Лидер 240 СВ, где урожайность составила 6,95 т/га. Статистическая обработка полученных данных подтвердила существенность данных различий.

Определение экологической пластичности [4] и 12 параметров адаптивности среднеранних гибридов кукурузы к новым условиям выращивания на основе рейтинговой системы, выявило наиболее адаптированный к условиям орошаемой зоны Республики Дагестан гибрид – Лидер 240 СВ.

Выводы. Среди изучаемых среднеранних гибридов кукурузы на зерно наиболее экологически пластичным и стабильным оказался гибрид Лидер 240 СВ, который обеспечил среднюю урожайность 6,69 т/га, что выше контроля на 12,1%. Двукратная некорневая подкормка смесью микроудобрения Ультрамаг Комби (2 л/га) и стимулятора роста Биостим кукуруза (1,2 л/га) в фазе 3…4 листа и через 10 дней после первой позволила повысить урожайность гибрида Лидер 240 СВ на 8,4%.

Список литературы

1. Применение различных удобрений для повышения урожайности кукурузы в Ставропольском крае / В.Н. Багринцева, И.Н. Ивашененко, В.В. Дридигер [и др.] // Агрохимия. – 2024. – № 9. – С. 28-35.

2. Васильченко С.А., Метлина Г.В., Лактионов Ю.В. Влияние применение биопрепаратов и микроэлементного удобрения Органикс на урожайность зерна кукурузы в условиях южной зоны Ростовской области // Зерновое хозяйство России. – 2021. – №5(77). – С. 81-85.

3. Вильдфлуш И. Р., Мосур С. С. Влияние органических, макро-, микроудобрений и регулятора роста на динамику роста и продуктивность кукурузы при возделывании её на зерно // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 2. – С. 57-61.

4. Гончаренко А.А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов озимых зерновых культур // Вестник РАСХН. – 2005. – №6. – С. 49-53.

5. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

6. Дронов А.В., Бельченко С.А., Мамеев В.В. Эффективность комплексного применения макро- и микроудобрений при возделывании кукурузы на зерно Брянской области // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2024. – №3(51) – С. 82-87.

7. Иванова О.М. Реакция кукурузы на уровень минерального питания в условиях ЦЧР // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2021. – №3(39). – С. 125-131.

8. Крюков А.Н. Влияние способов основной обработки почвы и удобрений на свойства почвы и урожайность кукурузы на зерно в условиях Центрально-черноземного региона России / А.Н. Крюков, А.Н. Кизилов, О.Ю. Артемова [и др.] // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2021. – №4(52) – С. 215-221.

9. Кузьмицкая Г.А., Меньшинина И.Ю., Гашевский В.Р. Сравнительная оценка продуктивности перспективных гибридов кукурузы в условиях рискованного земледелия Приамурья // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2023. – №1. – С. 44-47.

10. Мазалов В.И., Небытов В.Г. Урожайность гибридов кукурузы в Орловской области в зависимости от абиотических факторов и удобрений // Земледелие. – 2021. – №5. – С. 45-48.

11. Мамсиров Н.И., Мнатсаканян А.А. О роли минеральных удобрений и способов основной обработки почвы в формировании продуктивности гибридов кукурузы // Аграрный вестник Урала. – 2021. – №9 (212). – С.11-23.

12. Плескачев Ю. Н., Мисюряев В. Ю., Заяц А. Ю. Роль стимуляторов роста при возделывании кукурузы на зерно // Проблемы развития АПК региона. – 2023. – № 4(56). – С. 76-80.

13. Эффективность хелатных удобрений в земледелии России (аналитический обзор) / Н.А. Пронько, О.П. Кибальник, И.Г. Ефремова [и др.] // Научная жизнь. – 2021. – Т.16. – №8(120). – С. 1074-1083.

14. Сидакова М.С., Якушенко Е.Г. Влияние хелатных удобрений Органомикс на урожайность кукурузы в условиях предгорной зоны КБР // Известия Кабардино-Балкарского НЦ РАН. – 2025. – Т.27. – №4. – С. 85-93.

15.Ториков В.Е., Мельникова О.В., Наливайко Т.А. Сравнительная оценка урожайности зеленой массы и зерна гибридов кукурузы в условиях Центрального региона России // Аграрная наука. – 2024. – № 384 (7). – С. 113-118.

16. Bahan, A. V. The influence of foliar feeding on the yield of mid-season corn hybrids (Zea mays) / A. V. Bahan, V. M. Ulizko // Таврійський науковий вісник. – 2024. – No. 140. – P. 13-19.

17. Phosphorus Utilization Efficiency Among Corn Era Hybrids Released over Seventy-Five Years / K. Ampong, Ch. J. Penn, Ja. Camberato [et al.] // Agronomy. – 2025. – Vol. 15, No. 6. – P. 1407.

18. Shcatula, Yu. The application of different fertilizer system for the formation of corn (Zéa máys) hybrids grain productivity / Yu. Shcatula, O. Matsera, T. Zabarna // Agriculture and Forestry. – 2022. – P. 25-40.

References

1. Application of various fertilizers to increase corn yield in Stavropol Krai / V.N. Bagrintseva, I.N. Ivashenenko, V.V. Dridiger [et al.] // Agrochemistry. - 2024. - No. 9. - P. 28-35.

2. Vasilchenko S.A., Metlina G.V., Laktionov Yu.V. Effect of the use of biopreparations and microelement fertilizer Organix on the yield of corn grain in the southern zone of the Rostov Region // Grain Economy of Russia. - 2021. - No. 5 (77). - P. 81-85.

3. Vildflush I.R., Mosur S.S. Effect of organic, macro-, microfertilizers and growth regulator on the dynamics of growth and productivity of corn when cultivating it for grain // Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy. – 2020. – No. 2. – P. 57-61.

4. Goncharenko A. A. On the adaptability and environmental sustainability of winter grain crop varieties // Bulletin of the Russian Academy of Agricultural Sciences. – 2005. – No. 6. – P. 49-53.

5. Dospekhov B. A. Field experiment methodology (with the basics of statistical processing of research results). – Moscow: Agropromizdat, 1985. – 351 p.

6. Dronov A. V., Belchenko S. A., Mameev V. V. Efficiency of integrated application of macro- and microfertilizers in grain corn cultivation in the Bryansk region // Grain legumes and cereal crops. – 2024. – No. 3 (51) – P. 82-87.

7. Ivanova O. M. Response of corn to the level of mineral nutrition in the conditions of the Central Black Earth Region // Grain legumes and cereal crops. - 2021. - No. 3 (39). - P. 125-131.

8. Kryukov A.N. The influence of primary tillage methods and fertilizers on soil properties and grain yield of corn in the conditions of the Central Black Earth Region of Russia / A.N. Kryukov, A.N. Kizilov, O.Yu. Artemova [et al.] // Grain legumes and cereal crops. - 2021. - No. 4 (52) - P. 215-221.

9. Kuzmitskaya G.A., Menshinina I.Yu., Gashevsky V.R. Comparative assessment of the productivity of promising corn hybrids in the conditions of risky farming of the Amur region // Bulletin of Russian Agricultural Science. - 2023. - No. 1. – P. 44-47.

10. Mazalov V.I., Nebytov V.G. Yield of corn hybrids in the Oryol region depending on abiotic factors and fertilizers // Agriculture. – 2021. – No. 5. – P. 45-48.

11. Mamsirov N.I., Mnatsakanyan A.A. On the role of mineral fertilizers and methods of primary soil cultivation in the formation of productivity of corn hybrids // Agrarian Bulletin of the Urals. – 2021. – No. 9 (212). – P. 11-23.

12. Pleskachev Yu.N., Misyuryaev V.Yu., Zayats A.Yu. The role of growth stimulants in the cultivation of corn for grain // Problems of development of the regional agro-industrial complex. – 2023. – No. 4 (56). – P. 76-80.

13. Efficiency of chelated fertilizers in Russian agriculture (analytical review) / N.A. Pronko, O.P. Kibalnik, I.G. Efremova [et al.] // Scientific Life. - 2021. - Vol. 16. - No. 8 (120). - P. 1074-1083.

14. Sidakova M.S., Yakushenko E.G. The influence of Organomix chelated fertilizers on corn yield in the foothill zone of the KBR // Bulletin of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. - 2025. - Vol. 27. - No. 4. - P. 85-93.

15. Torikov V.E., Melnikova O.V., Nalivaiko T.A. Comparative assessment of the yield of green mass and grain of corn hybrids in the conditions of the Central region of Russia // Agrarian Science. – 2024. – No. 384 (7). – pp. 113-118.

16. Bahan, A. V. The influence of foliar feeding on the yield of mid-season corn hybrids (Zea mays) / A. V. Bahan, V. M. Ulizko // Taurian Scientific Bulletin. – 2024. – No. 140. – P. 13-19.

17. Phosphorus Utilization Efficiency Among Corn Era Hybrids Released over Seventy-Five Years / K. Ampong, Ch. J. Penn, Ja. Camberato [et al.] // Agronomy. – 2025. – Vol. 15, No. 6. – P. 1407.

18. Shcatula, Yu. The application of different fertilizer system for the formation of corn (Zéa máys) hybrids grain productivity / Yu. Shcatula, O. Matsera, T. Zabarna // Agriculture and Forestry. – 2022. – P. 25-40.

10.52671/26867591_2026_1_54
УДК 631.587:632.954

РАЗРАБОТКА КОМБИНИРОВАННОГО АГРЕГАТА ДЛЯ МЕЖДУРЯДНОЙ ОБРАБОТКИ КАРТОФЕЛЯ С ЛОКАЛИЗОВАННЫМ ВНЕСЕНИЕМ ГЕРБИЦИДОВ

ДЗАРМОТОВ С.И., ст. преподаватель
ХАМХОЕВ Б.И., д-р с.-х. наук, доцент
ХАШАГУЛЬГОВ У.А., канд. с.-х. наук, доцент
ДЗАРМОТОВА З.И., канд. биол. наук, доцент
ДЗАРМОТОВ М.Б., студент
ФГБОУ ВО Ингушский государственный университет, г. Магас, Россия

DEVELOPMENT OF A COMBINED UNIT FOR INTER-ROW TILLAGE OF POTATO CROPS WITH LOCALIZED APPLICATION OF HERBICIDES

DZARMOTOV S.I., Senior lecturer
KHAMKHOEV B.I., Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor
KHASHAGULGOV U.A., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor
DZARMOTOVA Z.I., Candidate of Biological Sciences, Associate Professor
DZARMOTOV M.B., student
Ingush State University, Magas, Russia

Аннотация. В статье рассмотрена проблема повышения эффективности борьбы с сорными растениями при возделывании картофеля. Отмечено, что существующие технологические приёмы, включающие раздельное проведение механической обработки и химической прополки, не обеспечивают высоких качественных показателей. Ведут к увеличению количества проходов сельскохозяйственной техники по полю, уплотнению почвы, росту материальных и трудовых затрат, а также к нарушению оптимальных агротехнических сроков. В качестве решения предложена конструкция комбинированного агрегата на базе культиватора, позволяющего совмещать операции междурядной обработки (прополки или окучивания) с направленным внесением гербицидов исключительно в защитную зону клубненосной грядки. Описана принципиальная схема и принцип работы разработанного агрегата. Установлено, что ключевым элементом, обеспечивающим технологический эффект, является размещение распыливающих форсунок на рабочих секциях культиватора непосредственно перед окучниками или стрельчатыми лапами. Это позволяет подавать гербицид прицельно в зону обработки с последующим его частичным присыпанием почвой, что минимизирует потери на испарение и выветривание. Техническим результатом от внедрения предлагаемого решения является снижение расхода гербицидов на 30-40% за счет локализации внесения, повышение производительности агрегата на 15-20% благодаря совмещению операций, исключение повреждения корневой системы картофеля и снижение удельного сопротивления агрегата. Конструкция является универсальной, не требует изготовления сложных новых узлов и может быть смонтирована в условиях сельскохозяйственного предприятия.

Ключевые слова: картофель, междурядная обработка, культиватор, гербициды, локализованное внесение, комбинированный агрегат, защитная зона, окучивание, производительность.

Abstract. *The article discusses the problem of increasing the effectiveness of weed control in potato cultivation. It is noted that the existing technological techniques, including separate mechanical processing and chemical weeding, do not provide high quality indicators. They lead to an increase in the number of passes of agricultural machinery through the field, compaction of the soil, an increase in material and labor costs, as well as a violation of optimal*

agrotechnical deadlines. As a solution, the design of a combined unit based on a cultivator is proposed, which allows combining row-to-row processing operations (weeding or hoeing) with the targeted application of herbicides exclusively into the protective zone of the tuber bed. The schematic diagram and the principle of operation of the developed unit are described. It has been established that the key element ensuring the technological effect is the placement of spray nozzles on the working sections of the cultivator directly in front of the spades or pointed legs. This allows the herbicide to be applied specifically to the treatment area, followed by its partial sprinkling with soil, which minimizes losses due to evaporation and weathering. The technical result of the implementation of the proposed solution is to reduce the consumption of herbicides by 30-40% due to localization of application, increase the productivity of the unit by 15-20% due to the combination of operations, eliminate damage to the root system of potatoes and reduce the resistivity of the unit. The design is universal, does not require the manufacture of complex new components and can be installed in an agricultural enterprise.

Keywords: *potatoes, inter-row tillage, cultivator, herbicides, localized application, combined unit, protective zone, hoeing, productivity.*

Введение. Борьба с сорными растениями остается одним из наиболее ресурсоемких элементов в технологии возделывания картофеля [1, 3]. Несвоевременное или некачественное ее проведение приводит к значительным потерям урожая, которые, по различным оценкам, могут достигать 25-30% [2-4]. Традиционная технология предполагает раздельное выполнение механической прополки (культивации) и химической обработки гербицидами сплошного действия с помощью опрыскивателей. Такой подход имеет ряд существенных недостатков: увеличение количества проходов техники по полю, что ведет к переуплотнению почвы [5-7]; риск повреждения корневой системы и столонов картофеля при обработке защитной зоны вблизи гребня; высокий суммарный расход горюче-смазочных материалов и трудовых ресурсов; зависимость от агротехнических сроков проведения каждой операции в отдельности.

Применение существующих промышленных приспособлений для внесения гербицидов на культиваторы часто не обеспечивает требуемой точности и качества, а их приобретение и эксплуатация сопряжены с дополнительными затратами [8-11].

Цель исследований – разработка и обоснование параметров работы комбинированного агрегата для междурядной обработки картофеля, совмещающего механическое подрезание сорняков в междурядьях с направленным внесением гербицидов в защитную зону грядки.

Материалы и методы. Для решения поставленной задачи был разработан комбинированный агрегат на базе серийного культиватора для междурядной обработки картофеля. В основу разработки положен принцип модульности и минимального вмешательства в базовую конструкцию. Научно-исследовательская работа включала этапы проектирования и полевых испытаний опытного образца.

Принципиальная схема агрегата представлена на рисунке 1.

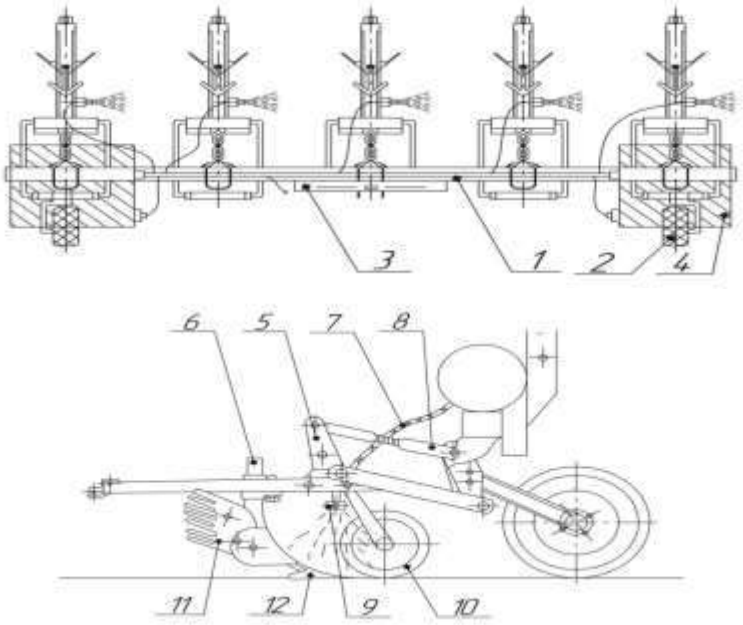


Рисунок 1– Схема комбинированного агрегата для внесения гербицидов: 1 – рама; 2 – опорные колеса; 3 – навесное устройство; 4 – емкость для гербицидов; 5 – рабочая секция; 6 – окучник; 7 – шланг; 8 – тяга регулировочная; 9 – форсунка; 10 – опорное колесо секции; 11 – решетчатый отвал; 12 – стрельчатая лапа.

Агрегат содержит раму (1) с навесным устройством (3) и опорными колесами (2). На раме установлены емкости для гербицидов (4) с необходимой запорной арматурой. Рабочие секции (5) оснащены окучниками (6) или стрельчатыми лапами (12) и опорными колесами (10). К секциям (5) и раме (1) с помощью разъемных хомутов крепятся шланги (7), подающие гербицид к форсункам (9), смонтированным непосредственно на секциях перед рабочими органами.

Результаты и обсуждение. Технологический процесс работы агрегата заключается в следующем. При движении агрегата опорными колесами 2 по полю вслед за культиватором стрельчатые лапы или окучники установленные на глубину обработки уничтожают сорные растения в междурядьях, при использовании окучников подгребают почву из междурядий к гребням посредством стрельчатой лапы 12, решетчатых отвалов 11 и частично заваливают почвой сорные растения в защитной зоне. В форсунки 9 смонтированные на секциях 5 через шланги 7 из емкостей 4 под небольшим давлением созданным компрессором трактора подается гербицид, который вносится в защитную зону грядки с одной или двух сторон и в след присыпается благодаря почве погребённой решетчатыми отвалами 11, исключая его испарение и выветривание. Это и является универсальностью культиватора, что позволяет применять его для внесения различных гербицидов на различных культиваторах совместно с механической обработкой картофельных гряд.

Внесение гербицида можно регулировать по высоте гребня, ширине защитной зоны при помощи крепления форсунок 9 на секциях 5.

Благодаря форсункам, установленным на секциях гербицид вносится в защитную зону в необходимом объеме и ширине, где он полностью покрывает все растения и при необходимости присыпается почвой, исключая потери на испарение и выветривание.

Расположение форсунок на секциях и обработка защитной зоны гербицидом позволяет исключить применение различных рабочих органов в близи корневой системы клубней. Совмещение операций уменьшает удельное сопротивление агрегата. Исключается дополнительная операция по внесению гербицидов опрыскивателем.

Все соединения предлагаемой конструкции крепятся на раму 1 и секциях 5 культиватора, являются разъемными и легко демонтируются, что особенно важно при использовании культиватора и трактора на других работах. Для демонтажа конструкции достаточно разъединить крепление емкости 4 и крепления форсунок.

Предлагаемое решение обеспечивает следующие преимущества:

1.Снижение расхода гербицидов. Локализованное внесение препарата только в целевую зону, а не по всей площади междурядья, позволяет сократить его расход, по предварительным оценкам, на 30-40%.

2.Повышение производительности. Совмещение двух технологических операций (механической обработки и химической прополки) в одном проходе агрегата повышает производительность на 15-20%.

3.Уменьшение количества проходов техники способствует сохранению почвенной структуры. Локализация внесения гербицида и отсутствие необходимости механического воздействия на защитную зону исключает риск повреждения корневой системы картофеля.

4.Универсальность и экономическая эффективность. Конструкция является модульной, все соединения – разъемные, что позволяет быстро монтировать и демонтировать систему на существующие культиваторы без их существенной доработки. Это исключает необходимость закупки специализированной дорогостоящей техники и позволяет использовать базовые трактора и культиваторы на других работах.

Заключение

Разработана конструкция комбинированного агрегата, позволяющая эффективно совмещать операцию междурядной обработки картофеля с направленным внесением гербицидов.

Технологическим новшеством является расположение распыливающих форсунок на рабочих секциях культиватора, обеспечивающее направленное внесение гербицида в защитную зону гребня с возможностью его последующего присыпания почвой.

Внедрение предложенного решения обеспечивает значительный экономический эффект за счет сокращения расхода гербицидов, повышения производительности агрегата, снижения энергозатрат и сохранения почвенного плодородия.

Простота и универсальность конструкции позволяют рекомендовать ее для широкого использования в сельскохозяйственных предприятиях, занимающихся возделыванием картофеля и других пропашных культур.

Список литературы

1. Абдулнатипов М.Г., Байбулатов Т.С. Вредоносность сорных растений на посевах сельскохозяйственных культур // Современные проблемы и перспективы развития аграрной науки: сб. стат. Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 65-летию Победы в ВОВ. – Махачкала, 2010. – С. 195-197.

2. Байбулатов Т.С., Хамхоев Б.И., Дзармотов С.И. Влияние внесения гербицидов в сочетании с междурядной обработкой на рост и развитие картофеля // Проблемы развития АПК региона. – 2025. – № 3 (63). – С. 26-32.

3. Державин Л.М., Исаев В.В., Березкин Ю.Н. Засоренность полей и задачи комплексной борьбы с сорняками // Земледелие. – 1984. – №2. – С. 45-47.

4. Захаренко В.А. Российская наука: итоги года и задачи // Защита растений. – 1995. – № 8. – С. 9-12.

5. Захаренко В.А. Биологическая защита растений как фактор оптимизации фитосанитарного состояния растениеводства //Актуальные вопросы биологизации защиты растений. – Пущино: 2000. – С. 11-26.

6. Кузнецова Л. П. Влияние агротехники на развитие сорняков в картофелеводстве // Журнал агрономии. – 2021. – С. 67–74.

7. Коваленко Н.П. Влияние сельскохозяйственной техники на агрофизические свойства почвы // Достижения науки и техники АПК. – 2021. – Т. 35. – № 2. – С. 76-80.

8. Лебедев А. П. Экологические аспекты борьбы с сорняками в агросистемах. Экология и сельское хозяйство. – 2019. – С. 88-94.

9. Петров В.С. Эффективность гербицидов в зависимости от способов их внесения при возделывании картофеля // Агрохимия. – 2019. – № 3. – С. 11-16.

10. Сидоров А.В., Васильев И.К. Современные технологии защиты картофеля от сорняков // Защита и карантин растений. – 2020. – № 5. – С. 44-48.

11. Хамхоев Б.И., Дзармотов С.И. Комбинированный агрегат для междурядной обработки картофеля с одновременным внесением гербицидов // Научно-технический и социально-экономический потенциал развития АПК РФ. – Нальчик, 2024. – С. 132-135.

12. Хамхоев Б.И., Дзармотов С.И. Экономическая оценка продуктивности картофеля при применении комбинированной машины // Известия Дагестанского ГАУ. – 2025. – № 4 (28). – С. 164-167.

13. Liakos K.G., Busato P., Moshou D. Machine Learning in Agriculture: A Review // Sensors. 2018.

14. Van Klompenburg T., Kassahun A. Crop Yield Prediction: A Systematic Review // Computers and Electronics in Agriculture. 2020.

15. Reichstein M., et al. Deep Learning for Earth System Science // Nature. 2019.

References

1. Abdulnatipov M.G., Baibulatov T.S. Harmfulness of weeds in agricultural crops // Current problems and prospects for the development of agricultural science: collection of articles from the International scientific and practical conference dedicated to the 65th anniversary of Victory in the Great Patriotic War. - Makhachkala, 2010. - Pp. 195-197.

2. Baibulatov T.S., Khamkhoev B.I., Dzarmotov S.I. The effect of herbicide application in combination with inter-row cultivation on the growth and development of potatoes // Problems of development of the regional agro-industrial complex. - 2025. - No. 3 (63). - Pp. 26-32.

3. Derzhavin L.M., Isaev V.V., Berezkin Yu.N. Weed infestation of fields and tasks of integrated weed control // Agriculture. – 1984. – №2. – P. 45-47.

4. Zakharchenko V.A. Russian Science: Results of the Year and Objectives // Plant Protection. – 1995. – №8. – P. 9-12.

5. Zakharchenko V.A. Biological Plant Protection as a Factor in Optimizing the Phytosanitary State of Crop Production // Current Issues in Plant Protection Biologization. – Pushchino: 2000. – P. 11-26.

6. Kuznetsova L.P. The Impact of Agricultural Technology on Weed Development in Potato Growing // Journal of Agronomy. – 2021. – P. 67–74.

7. Kovalenko N.P. The Impact of Agricultural Machinery on the Agrophysical Properties of the Soil // Achievements of Science and Technology in the Agro-Industrial Complex. – 2021. – Vol. 35. – No. 2. – P. 76-80.

8. Lebedev A. P. Ecological aspects of weed control in agricultural systems. Ecology and agriculture. – 2019. – P. 88-94.

9. Petrov V. S. Herbicide efficiency depending on application methods in potato cultivation // Agrochemistry. – 2019. – No. 3. – P. 11-16.

10. Sidorov A. V., Vasiliev I. K. Modern technologies for potato protection from weeds // Plant protection and quarantine. – 2020. – No. 5. – P. 44-48.

11. Khamkhoev B. I., Dzarmotov S. I. A combined unit for inter-row cultivation of potatoes with simultaneous application of herbicides // Scientific, technical and socio-economic potential for the development of the agro-industrial complex of the Russian Federation. – Nalchik, 2024. – Pp. 132-135.

12. Khamkhoev B.I., Dzarmotov S.I. Economic assessment of potato productivity when using a combined machine // Bulletin of the Dagestan State Agrarian University. – 2025. – No. 4 (28). – Pp. 164-167.

13. Liakos K.G., Busato P., Moshou D. Machine Learning in Agriculture: A Review // Sensors. 2018.

14. Van Klompenburg T., Kassahun A. Crop Yield Prediction: A Systematic Review // Computers and Electronics in Agriculture. 2020.

15. Reichstein M., et al. Deep Learning for Earth System Science // Nature. 2019.

10.52671/26867591_2026_1_58
УДК 634.8.034

УСКОРЕНИЕ РИЗОГЕНЕЗА У ЧЕРЕНКУЕМЫХ IN VITRO ОДНОГЛАЗКОВЫХ ЭКСПЛАНТОВ ВИНОГРАДА

ДУДАЕВА А.С. [1,2], аспирант, мл. науч. сотрудник
БАТАШОВ Т.А.[1], аспирант
МЕХТИЕВ А. А.[1], магистрант
БАТУКАЕВ М.С.[2], канд. с.-х. наук, ст. науч. сотрудник
[1]ФГБОУ ВО «Чеченский государственный университет имени А.А. Кадырова», г. Грозный, Россия
[2]ФГБНУ «Чеченский научно-исследовательский институт сельского хозяйства», г. Грозный, Россия

ACCELERATION OF RHIZOGENESIS OF IN VITRO SINGLE-EYED GRAPE EXPLANTS

DUDAEVA A.S.[1,2], Graduate Student, Junior Researcher
BATASHOV T.A.[1], Graduate Student
MEKHTIEV A. A.[1], Master's Student
BATUKAEV M.S.[2], Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher
[1]A.A. Kadyrov Chechen State University, Grozny, Russia
[2]Chechen Research Institute of Agriculture, Grozny, Russia

Аннотация. В статье проводятся исследования по изучении роли регуляторов роста в ускорении корнеобразовании растений винограда *in vitro.* Цель исследований – оздоровление и размножение сортов винограда, востребованных в производстве. Задачи исследований – изучить влияние различных регуляторов роста на ризогенез корней растений винограда *in vitro,* что способствует ускоренному росту и развития побегов растений винограда. В качестве исходного материала были взяты интенсивно растущие зеленые побеги винограда, которые разрезали на одноглазковые черенки и далее вводили в культуру *in vitro*. В эксперимент были включены следующие сорта: Дивико и Ркацители. В качестве регуляторов роста в питательную среду добавляли ауксины ИМК, ИУК и цитокинин Дроп в различных концентрациях (1,0 мг/л, 1,5 мг/л, 2,0 мг/л). Проведенные эксперименты показали, что регенерация корней из изолированных апексов происходила при всех концентрациях применяемых регуляторов роста ИМК и ИУК, что нельзя сказать при использовании препарата Дроп, особенно в количестве 2,0 мг/л, когда верхушки впоследствии начинали чернеть и гибли, приживаемость при этом составила всего лишь 35 %. Сравнительный анализ влияния регуляторов роста на укореняемость, росту и развития корней, показал, что у сорта Ркацители более высокая отзывчивость на использование регуляторов роста ро сравнению с сортов Дивико.

Ключевые слова: виноград, регуляторы роста, размножение, *in vitro*, концентрации, укоренение, ризогенез.

Abstract. *This article examines the role of growth regulators in accelerating root formation in grape plants in vitro. The objective of the study is to improve the health and propagate grape varieties in demand in production. The objectives of the study were to investigate the effect of various growth regulators on rhizogenesis of grape plant roots in vitro, which contributes to the accelerated growth and development of grape plant shoots. Intensively growing green grape shoots were used as the starting material, which were cut into single-eyed cuttings and then introduced into in vitro culture. The following varieties were included in the experiment: Diviko and Rkatsiteli. Auxins IMC, IAA, and cytokinin Drop were added to the nutrient medium as growth regulators at various concentrations (1.0 mg/L, 1.5 mg/L, 2.0 mg/L). Experiments showed that root regeneration from isolated apices occurred at all concentrations of the growth regulators IMC and IAA. This was not the case with Drop, especially at 2.0 mg/L, where the apices subsequently began to blacken and die, with a survival rate of only 35%. A comparative analysis of the effects of growth regulators on rooting, growth, and root development revealed that the Rkatsiteli variety was more responsive to the use of growth regulators than the Diviko variety.*

Keywords: *grapes, growth regulators, propagation, in vitro, concentrations, rooting, rhizogenesis.*

Введение. В питомниководстве методы биотехнологии ускоренного размножения сельскохозяйственных культур используют для решения двух основных проблем – получения исходного оздоровленного материала и его ускоренного размножения [2, 3, 10]. Маточные и промышленные насаждения плодовых и ягодных культур, заложенные сертифицированным посадочным материалом, максимально реализуют свой генетический потенциал и дают в 1,5-4 раза больше продукции, чем при использовании рядового материала [4, 14, 15].

Наибольшее распространение получил способ оздоровления посадочного материала через культуру изолированных апексов. Этот метод основан на неодинаковой концентрации вирусных частиц в

различных органах растения [6, 8, 11].

Первостепенное значение на этапе ризогенеза в условиях *in vitro* отводится регуляторам роста - ауксинам: типу, концентрации и способу его воздействия на эксплант растения. Кроме того, установлена зависимость процесса корнеобразования от генотипа, минерального состава среды, как для укоренения, так и для пролиферации, источника и концентрации углеводов, присутствия в среде веществ фенольной природы, консистенции среды, повреждения оснований черенков и ряда других факторов [1, 7, 8,13].

Синтезируются ауксины в основном в меристематических тканях стебля, а также в активно растущих меристемах корня, растущих зародышах и семяпочках, развивающихся листьях, но содержатся во всех частях растения. Это объясняется тем, что они перемещаются от места своего синтеза к месту воздействия. Как в стеблях, так и в корнях ауксины передвигаются поляризовано по сосудистым тканям, в частности по камбию и по вновь сформировавшейся флоэме [12].

Структурные изменения, наблюдаемые при укоренении микрочеренков в культуре *in vitro*, однотипны и принципиально не отличаются от процессов, протекающих при укоренении зеленых черенков [5].

Способность ауксинов индуцировать деление клеток стала основой культуры изолированных органов, тканей и клеток растений. Таким образом, применение ауксинов имеет важное значение для индукции образования корней при клональном микроразмножении растений и является одним из важнейших компонентов питательных сред [8].

В.А. Высоцкий (2000) считает, что для сортов груши лучшим стимулятором корнеобразования при введении в питательную среду является НУК, а при предварительной обработке - ИМК.

Ростовая пудра для индукции ризогенеза в условиях *in vitro* используется очень редко. Тальковую пудру с 0,25% ИМК применяли для обработки микропобегов сливы - с 0,125% и 0,25% ИМК [10].

Условия и методика проведения исследований.

Исследования проводили в лаборатории виноградарства и биотехнологии ФГБНУ «Чеченский научно-исследовательский институт сельского хозяйства».

Цель исследований – оздоровление и размножение сортов винограда, востребованных в производстве.

Задачи исследований – изучить влияние различных регуляторов роста на ризогенез корней растений винограда *in vitro,* что способствует ускорению роста и развития побегов растений винограда *in vitro*.

В качестве исходного материала были взяты интенсивно растущие зеленые побеги винограда, которые разрезали на одноглазковые черенки и далее вводили в культуру *in vitro*. В эксперимент были включены следующие сорта: Дивико и Ркацители

Одноглазковые черенки стерилизовали в 2 %-м растворе гипохлорита натрия. Простерилизованные органы помещали в стерильную чашки Петри. которые в свою очередь были размещены в культуральной комнате с соответствующими условиями: освещенность 3...4 тыс. люкс, температура 27...28^{0}С, относительная влажность воздуха 65...70 %. При этом использовали модифицированную питательную среду MS (Мурасиге и Скуга) с витаминами: тиамин – 1 мг/л, пиридоксин – 1 мг/л, никотиновая кислота – 1 мг/л, мезоинозит – 50 мг/л, источник углерода (сахароза) – 2 %, агар – 0,7 % и доводили $_p$Н до 6,4...6,5.

В качестве регуляторов роста в питательную среду добавляли ауксины ИМК, ИУК и цитокинин Дроп в различных концентрациях и сочетаниях. Из группы ауксинов было изучено влияние индолил-масляной кислоты (ИМК) и индолил-уксусная кислота (ИУК), из группы цитокининов препарат Дроп.

Культивирование растительного материала осуществляли на первом этапе в чашках Петри, далее в пробирках размером 40 х 120 мм, содержащих 20 мл питательной среды. Пересадку эксплантов проводили по мере необходимости, при этом учитывали следующие показатели: приживаемость одноглазковых эсплантов, укореняемость, формирование и развитие корневой системы.

Результаты исследований. При использовании двухэтапной системы получения и размножения растений развившиеся побеги, как правило, требуют укоренения, так как используемые для пролиферации питательные среды препятствуют ризогенезу. Индукция корнеобразования проводили путём включения препаратов группы ауксина в состав питательных сред.

Положительный эффект кратковременных обработок проявлялся не только в отношении процента укоренений, но и в отношении числа развившихся корней на экспланте винограда и средней длины каждого корня. Такая ситуация легко объяснима с точки зрения характера действия ауксинов. Процесс собственно индукции ризогенеза кратковременный, поэтому присутствие ауксинов необходимо только на первых этапах.

Кратковременное воздействие на укореняемые побеги веществами группы ауксинов может быть осуществлено несколькими способами. Наибольшее распространения получили предварительное замачивание в водных растворах ауксинов и использование последних в составе тальк-содержащих пудр. Оба приема достаточно технологичны, эффективны и дают хорошо воспроизводимые результаты. Использование спиртовых растворов для кратковременных обработок, широко практикуемое при традиционном черенковании, для микроразмноженных побегов оказалось малопригодным, вследствие значительной токсичности растворителя, поражающего нежные ткани большинства видов растений, и ингибирующего

эффекта на дальнейшее развитие корневой системы [1].

Для культур, характеризующихся высоким коэффициентом размножения и относительной легкостью укоренения, нами был разработан простой эффективный прием, позволяющий существенно снизить затраты при осуществлении этапа укоренения и добиться экономии составляющих питательных сред.

Пересаженные на такую питательную среду конгломераты почек и побегов культивируют до поглощения ими значительной части 6-бензиламинопурина, о чем судят по существенному удлинению основной массы побегов и появлению листьев на удлиненных черешках. Затем в стерильных условиях в культуральные сосуды вносят раствор индуктора ризогенеза препараты ауксинового и цитикининового характера действия: индолилмасляная (ИМК) и индолилуксусная (ИУК) кислоты на каждые 100 мл питательной среды.

Одним из важнейших и неотъемлемых компонентов питательной среды являются регуляторы роста [16,17,18]. Их тщательный подбор и выявление оптимальных концентраций позволяют повысить эффективность метода клонального микроразмножения винограда.

Проведенные эксперименты показали, что регенерация корней из изолированных апексов происходила при всех концентрациях применяемых регуляторов роста ИМК и ИУК, что нельзя сказать при использовании препарата Дроп, особенно в количестве 2,0 мг/л, когда верхушки впоследствии начинали чернеть и гибли, приживаемость при этом составила всего лишь 35 %.

Таблица 1 – Укореняемость одноглазковых эксплантов сорта винограда Дивико в связи с применением регуляторов роста (n=20)

Сорт	Название ауксина	Концентрация, мг/л	Укореняемость шт./%	Количество корней шт./раст.		Средняя длина 1-го корня, мм через 30 дней
				через 14 дней	через 30 дней	
Дивико	Контроль	_	8/40	1,2	3,2	10,2±2,3
	ИМК	1,0	16/80	1,8	6,3	27,5±3,5
		1,5	18/90	2,4	6,8	30,1±3,2
		2,0	16/85	2,8	6,4	30,4±4,0
	ИУК	1,0	17/85	1,8	6,6	29,2±3,8
		1,5	18/90	2,6	7,0	31,5±4,4
		2,0	18/90	2,8	7,4	32,4±4,5
	Дроп	1,0	14/70	1,4	3,8	8,0±2,0
		1,5	12/60	1,2	4,1	8,9±2,5
		2,0	8/40	1,2	3,2	6,3±2,7
$НСР_{05}$				0,54	0,72	

Укореняемость у обеих сортов винограда, Дивико и Ркацители была существенно выше, чем в контроле при применении регуляторов роста ИМК и ИУК. При применении ИМК в концентрации 1,0 мг/л укореняемость сорта **Дивико** составил 75%, 1,5 мг/л – 80% и 2 мг/л – 85%, в контрольном варианте – 40%. Количество корней, через 30 дней культивирования составил: 1,0 мг/л – 7,1 шт/раст., 1,5 мг/л – 7,5 шт/раст., и 2 мг/л – 7,8 шт/раст., в контрольном варианте – 3,2 шт/раст. При ИУК в концентрации 1,0 мг/л укореняемость сорта Дивико составил 85%, 1,5 мг/л – 90% и 2 мг/л – 90%, в то время как количество корней, через 30 дней культивирования составил: 1,0 мг/л – 6,6 шт/раст., 1,5 мг/л – 7,0 шт/раст., и 2 мг/л – 7,4 шт/раст. (табл. 1).

Таблица 2 – Укореняемость одноглазковых эксплантов сорта винограда Ркацители связи с применением регуляторов роста (n=20)

Сорт	Название ауксина	Концентрация, мг/л	Укореняемость шт./%	Количество корней шт./раст.		Средняя длина 1-го корня, мм через 30 дней
				через 14 дней	через 30 дней	
Ркацители	Контроль	_	10/50	1,2	3,8	14,0±1,17
	ИМК	1,0	15/75	2,9	7,1	29,8±3,6
		1,5	16/80	3,2	7,5	30,6±3,9
		2,0	19/95	3,4	7,8	31,5±3,1
	ИУК	1,0	17/85	2,5	7,4	30,7±2,8
		1,5	19/95	3,0	7,8	31,8±3,6
		2,0	18/90	3,2	7,9	32,4±4,0
	Дроп	1,0	15/75	1,5	5,4	1,2±0,8
		1,5	12/60	1,8	4,0	1,4±0,6
		2,0	7/35	1,0	2,1	0,9±0,5
$НСР_{05}$				0,81	1,22	

При применении ИМК в концентрации 1,0 мг/л укореняемость сорта Ркацители составил 75%, 1,5 мг/л – 80% и 2 мг/л – 95%, в контрольном варианте – 50%. Количество корней, через 30 дней культивирования составил: 1,0 мг/л – 7,1 шт/раст., 1,5 мг/л – 7,5 шт/раст., и 2 мг/л – 7,8 шт/раст., в контрольном варианте – 3,8 шт/раст. При ИУК в концентрации 1,0 мг/л укореняемость сорта Ркацители составил 85%, 1,5 мг/л – 95% и 2 мг/л – 90%, в то время как количество корней, через 30 дней культивирования составил: 1,0 мг/л – 7,4 шт/раст., 1,5 мг/л – 7,8 шт/раст., и 2 мг/л – 7,9 шт/раст. (Таблица 2).

Экспланты винограда, выращиваемые на среде с концентрацией 2,0 мг/л ИМК и ИУК, показали лучшие результаты, однако несущественные между вариантами с применением регуляторов роста, за исключением препарата Дроп. Вероятно, это связано с тем, что высокие концентрации препарата Дроп отрицательно действует на процессы органогенеза растений. Сравнительный анализ влияния регуляторов роста на укореняемость, росту и развития корней, показал, что у сорта Ркацители более высокая отзывчивость на использование регуляторов роста по сравнению с сортов Дивико.

Спустя месяц число укоренившихся побегов ни при одной концентрации ИМК не увеличилось, продолжался только рост центральных и частично боковых корней. Следует отметить, что к 30-му дню у многих растений, при применении препарата Дроп в концентрации 2,0 мг/л наблюдалось почернение корней.

Выводы. Проведенные эксперименты показали, что регенерация корней из изолированных апексов происходила при всех концентрациях применяемых регуляторов роста ИМК и ИУК, что нельзя сказать при использовании препарата Дроп, особенно в количестве 2,0 мг/л, когда верхушки впоследствии начинали чернеть и гибли, приживаемость при этом составила всего лишь 35 %. Укореняемость у обеих сортов винограда, Дивико и Ркацители была существенно выше, чем в контроле при применении регуляторов роста ИМК и ИУК. При применении ИМК в концентрации 1,0 мг/л укореняемость сорта Дивико составил 75%, 1,5 мг/л – 80% и 2 мг/л – 85%, в контрольном варианте - 40%, у сорта Ркацители в концентрации 1,0 мг/л составил соответственно 75%, 1,5 мг/л – 80% и 2 мг/л – 95%, в контрольном варианте – 50%.

Список литературы

1. Батукаев А.А., Батукаев М.С., Шишхаева М.Г. Использование регуляторов роста растений при размножении оздоровленного посадочного материала винограда биотехнологическим методом: монография. – Грозный: Изд. ГУП «Книжное издательство», 2013. – 54с.

2. Батукаев А.А., Палаева Д.О., Собралиева Э.А. Совершенствование состава питательных сред при микрочеренковании винограда *in vitro* // Научные труды Северо-Кавказского федерального научного центра садоводства, виноградарства, виноделия. – 2018. – Т. 18. – С. 76-80.

3. Батукаев А.А., Собралиева Э.А., Батукаев М.С. Оптимизация основных элементов размножения винограда биотехнологическим методом: монография. – Грозный: Изд-во ФГБОУ ВО «Чеченский государственный университет», 2019. – 151 с.

4. Биотехнологические приемы оздоровления и микроклонального размножения перспективных сортов винограда и подвоев яблони / А.А. Батукаев, Д.О. Палаева, К.У. Куркиев [и др.]: монография. – Грозный, 2023. ISBN 978-5-00212-422-0. 228с.

5. Бутенко, Р.Г. Биология клеток высших растений *in vitro* и биотехнологии на их основе. – М.: ФБК-ПРЕСС, 1999. – 160 с.

6. Высоцкий В.А. Результаты использования регуляторов роста в процессах оздоровления и микроразмножения плодовых растений // Pestycydy. – 1986. – № 314. – С.79-86.

7. Гамбург К.З., Рекославская Н.И., Швецов С.Г. Ауксины в культурах тканей и клеток растений. – Новосибирск: Наука, 1990.—243 с.

8. Катаева Н.В., Бутенко Р.Г. Клональное микроразмножение растений. – М.: Наука, 1983. – 96 с.

9. Кулаева О. Н. Цитокинины, их структура и функции. – М.: Наука, 1973. – 264 с.

10. Корнацкий С.А., Высоцкий В.А., Трушечкин В.Г. Проблемы клонального микроразмножения косточковых культур //Достижения в плодоводстве в Нечерноземной зоне РСФСР. – М., 1991. – С.104-116.

11. Леонтьев-Орлов О.А., Трушечкин В.Г., Высоцкий В.А. Особенности культивирования изолированных апексов яблони in vitro / Плодоводство в Нечерноземной полосе. – М., 1988. – С.21-30.

12. Полевой В.В., Саламатова Т.С. Физиология роста и развития растений. - Л.: Изд-во Ленинградского университета, 1991.- 239 с.

13. Batukaev A.A. Use of growth regulators in grapes grinding by in vitro method. Mukailov M.D., Batukaev M.S., Minkina T. Sushkova S. // International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM-2018. V.18, Issue 6.2. P.783-790. https://doi.org/10.5593/ sgem2018/6.2/S25103

14. Levchenko S.V. Efectiveness of growth regulators application on table variety `moldova´ on yield and quality in postharvest storage at fungicide load reduction // Levchenko S.V., Batukaev A.A., Vasylyk I.A., Boiko V.A., Belash D.Yu. В сборнике: International scientific and practical conference "Agro-SMART - Smart solutions for agriculture" (Agro-SMART 2018). 2018. С. 900-904.

15. Batukaev A.A. In vitro reproduction and ex vitro adaptation of complex resistant grape varieties /Batukaev A.A., Palaeva D.O., Batukaev M.S., Sobralieva E.A.// в журнале: Advances in Engineering Research 2018. Volum

151. P.895-899.

16. Batukaev A.A. Use of growth regulators in grapes grinding by in vitro method. Mukailov M.D., Batukaev M.S., Minkina T. Sushkova S. // International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM-2018. V.18, Issue 6.2. P.783-790. https://doi.org/10.5593/ sgem2018/6.2/S25103

17. Paterson K.E. Polarity regeneration in excised leaves of Crassula argentea II. Auxin transport inhibitors and auxin-cytokinin interaction // Can.J. of Botany.-1983.- V.61.- N 4.- P. 1064-1074.

18. Saltveit M.E., Fonteno W.C Auxin transport in Dracena marginata stems // J.of the Amer. Soc. for Hort.Sci.- 1983.- V. 108.- N 2.- P. 183-186.

References

1. Batukaev A.A., Batukaev M.S., Shishkhaeva M.G. Use of plant growth regulators in the propagation of improved grape planting material by the biotechnological method: monograph. – Grozny: Publ. GUP "Book Publishing House", 2013. – 54 p.

2. Batukaev A.A., Palaeva D.O., Sobralieva E.A. Improving the composition of nutrient media for in vitro microcutting of grapes // Scientific works of the North Caucasus Federal Scientific Center for Horticulture, Viticulture, and Winemaking. – 2018. – Vol. 18. – Pp. 76-80.

3. Batukaev A.A., Sobralieva E.A., Batukaev M.S. Optimization of the main elements of grape propagation by the biotechnological method: monograph. – Grozny: Publishing House of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Chechen State University", 2019. – 151 p.

4. Biotechnological methods for improving and micropropagating promising grape varieties and apple rootstocks / A.A. Batukaev, D.O. Palaeva, K.U. Kurkiev [et al.]: monograph. – Grozny, 2023. ISBN 978-5-00212-422-0. 228 p.

5. Butenko, R.G. Biology of higher plant cells in vitro and biotechnology based on them. – Moscow: FBK-PRESS, 1999. – 160 p.

6. Vysotsky, V.A. Results of using growth regulators in the processes of improving and micropropagating fruit plants // Pestycydy. – 1986. – № 314. – P. 79-86.

7. Hamburg K.Z., Rekoslavskaya N.I., Shvetsov S.G. Auxins in plant tissue and cell cultures. – Novosibirsk: Nauka, 1990.—243 p.

8. Kataeva N.V., Butenko R.G. Clonal micropropagation of plants. – Moscow: Nauka, 1983. – 96 p.

9. Kulaeva O.N. Cytokinins, their structure and functions. – Moscow: Nauka, 1973. – 264 p.

10. Kornatsky S.A., Vysotsky V.A., Trushechkin V.G. Problems of clonal micropropagation of stone fruit crops // Achievements in fruit growing in the Non-Chernozem zone of the RSFSR. – M., 1991. – P.104-116.

11. Leontiev-Orlov O. A., Trushechkin V. G., Vysotsky V. A. Features of cultivation of isolated apple apexes in vitro / Fruit growing in the Non-Chernozem zone. – M., 1988. – P.21-30.

12. Polevoy V. V., Salamatova T. S. Physiology of plant growth and development. – L.: Publishing house of Leningrad University, 1991.- 239 p.

13. Batukaev A. A. Use of growth regulators in grapes grinding by in vitro method. Mukailov M. D., Batukaev M. S., Minkina T. Sushkova S. // International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM-2018. V.18, Issue 6.2. R.783-790. https://doi.org/10.5593/sgem2018/6.2/S25103

14. Levchenko S.V. Efficiency of growth regulators application on table variety `moldova´ on yield and quality in postharvest storage at fungicide load reduction // Levchenko S.V., Batukaev A.A., Vasylyk I.A., Boiko V.A., Belash D.Yu. In the collection: International scientific and practical conference "Agro-SMART - Smart solutions for agriculture" (Agro-SMART 2018). 2018. pp. 900-904.

15. Batukaev A.A. In vitro reproduction and ex vitro adaptation of complex resistant grape varieties /Batukaev A.A., Palaeva D.O., Batukaev M.S., Sobralieva E.A.// in the journal: Advances in Engineering Research 2018. Volum 151. P.895-899.

16. Batukaev A.A. Use of growth regulators in grapes grinding by in vitro method. Mukailov M.D., Batukaev M.S., Minkina T. Sushkova S. // International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM-2018. V.18, Issue 6.2. R.783-790. https://doi.org/10.5593/sgem2018/6.2/S25103

17. Paterson K.E. Polarity regeneration in excised leaves of Crassula argentea II. Auxin transport inhibitors and auxin-cytokinin interaction // Can.J. of Botany.-1983.- V.61.- N 4.- P. 1064-1074.

18. Saltveit M.E., Fonteno W.C. Auxin transport in Dracena marginata stems // J. of the Amer. Soc. for Hort.Sci.- 1983.- V. 108.- N 2.- P. 183-186.

10.52671/26867591_2026_1_62
УДК 633.174: 631.527

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОЛЛЕКЦИИ МИРОВЫХ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ВИР В СЕЛЕКЦИИ ВЫСОКОПРОДУКТИВНЫХ СОРТОВ И ГИБРИДОВ ЗЕРНОВОГО СОРГО ДЛЯ ЗАСУШЛИВЫХ РЕГИОНОВ РФ

ЕФРЕМОВА И.Г., канд. с.-х. наук, вед. науч. сотрудник
КИБАЛЬНИК О.П., д-р биол. наук, гл. науч. сотрудник
СЕМИН Д.С., канд. с.-х. наук, гл. науч. сотрудник
ФГБНУ РосНИИСК «Россорго», г. Саратов, Россия

USE OF THE WORLD GENETIC RESOURCES COLLECTION OF VIR IN THE SELECTION OF HIGH-PRODUCTIVE GRAIN SORGHUM VARIETIES AND HYBRIDS FOR ARID REGIONS OF THE RUSSIAN FEDERATION

EFREMOVA I.G., Candidate of Agricultural Sciences, Leading researcher
KIBALNIK O.P., Doctor of Biology, Chief researcher
SEMIN D.S., Candidate of Agricultural Sciences, Chief researcher
RosNIISK Rossorgo, Saratov, Russia

Аннотация. Целью исследования явилось сравнительное изучение сортообразцов зернового сорго мировой коллекции ВИР по морфометрическим показателям и элементам продуктивности зерна и биомассы для дальнейшей селекции новых высокопродуктивных сортов и гибридов. Питомник сортообразцов зернового сорго коллекции мировых генетических ресурсов ВИР сформирован в 2025 году на опытном поле ФГБНУ РосНИИСК «Россорго». Материалом исследований служили 48 коллекционных сортообразцов и 9 сортов инорайонной селекции. Площадь делянок составила 7,7 м², повторность опытов – трехкратная. Густота стояния растений зернового сорго установлена 150-200 тыс. раст./га, посев выполнен широкорядным способом с междурядьями 70 см. В качестве стандарта использован районированный в Нижневолжском регионе сорт Старт. Сравнительная оценка сортообразцов по морфометрическим показателям и элементам продуктивности проведена согласно общепринятым методикам и рекомендациям для сорговых культур. В коллекционном питомнике выявлены сортообразцы, являющиеся донорами крупнозёрности, масса 1000 семян которых составила: В-03-3008 – 36,8 г, Durra Giza – 35,4 г, Hazera 6060 – 31,6 г, к-4075 – 31,4 г, О-к-8803/1 – 34,0 г. По урожайности зерна (4,07-6,33 т/га) отличились образцы к-177, к-1883, к-2058, к-9342, к-9480 Низкорослое 200, сорго Таджикское, сорт Великан, а урожайностью биомассы (свыше 17,0 т/га) – 06-2039, В-03-3003, к-2058, М-60887 (1), к-10112, МК 232/18, сорго Таджикское, сорт Великан. Выявлены ценные для дальнейшей селекции новых сортов и гибридов зернового сорго образцы, характеризующиеся комплексом селекционно-ценных признаков – оптимальной высотой при созревании, большой площадью наибольшего и флагового листьев, значительными параметрами соцветий, элементами зерновой продуктивности: к-177, к-1883, к-2058, к-9342, к-9480 Низкорослое 200, к-8803, М-60887, сорта Хазине 28, Великан, Зерста 97.

Ключевые слова: зерновое сорго, образцы мировой коллекции ВИР, морфометрические показатели, элементы продуктивности, комплекс ценных показателей.

Abstract. *The aim of the study was a comparative study of grain sorghum variety samples of the world collection of VIR according to morphometric indicators and elements of grain and biomass productivity for further selection of new high-yielding varieties and hybrids. The nursery of grain sorghum variety samples of the world genetic resources collection of VIR was formed in 2025 on the experimental field of the Federal State Budgetary Scientific Institution Russian Research Institute of Sorghum. The research material included 48 collection varieties and 9 varieties of grain sorghum from other regions. The plot size was 7.7 m², and the experiments were repeated three times. The plant density of grain sorghum was set at 150,000-200,000 plants per hectare, and the planting was done in wide rows with 70 cm between rows. The Start variety, which is adapted to the Lower Volga region, was used as the standard. A comparative assessment of variety samples based on morphometric indicators and productivity elements was carried out in accordance with generally accepted methods and recommendations for sorghum crops. In the collection nursery, cultivars were identified that are donors of coarse grain, the mass of 1000 seeds of which was: B-03-3008 – 36,8 g, Durra Giza – 35.4 g, Hazera 6060 – 31.6 g, k-4075 – 31.4 g, O-k-8803/1 – 34.0 g. In terms of grain yield (4.07-6.33 t/ha), samples k-177, k-1883, k-2058, k-9342, k-9480 Low-growing 200, Tajik sorghum, Giant variety distinguished themselves, and biomass yields (over 17.0 t/ha) – 06-2039, B-03-3003, k-2058, M-60887 (1), k-10112, MK 232/18, Tajik sorghum, Giant variety. Valuable samples for the further breeding of new varieties and hybrids of grain sorghum have been identified, characterized by a complex of breeding-valuable features – optimal height at maturation, large area of the largest and flag leaves, significant inflorescence parameters, elements of grain productivity: k-177, k-1883, k-2058, k-9342, k-9480 Low-growing 200, K-8803, M-60887, varieties Khazine 28, Giant, Zersta 97.*

Keywords: *grain sorghum, samples from the VIR world collection, morphometric indicators, productivity elements, a set of valuable indicators.*

Введение

Выделение нового исходного материала для создания гибридов и сортов, обладающих комплексом хозяйственно-полезных признаков и адаптированных к стрессовым факторам, остаётся основной задачей селекции. С этой целью в селекционный процесс вовлекаются новые формы, более эффективно используется генетическое разнообразие растений.

Зерновое сорго является важной кормовой, зернофуражной, технической и продовольственной культурой для микрозон России с недостаточным увлажнением. В условиях глобального потепления

климата на планете Земля зерновое сорго, благодаря высокой урожайности и уникальной засухоустойчивости, выступает в качестве страховой культуры, которая обеспечивает гарантию стабильности ежегодного получения кормов [1], является ценным сырьем в изготовлении зернофуража, монокорма, зерносенажа, а также силоса для активного развития отраслей животноводства, птицеводства, рыбоводства в засушливых регионах [8, 11].

В последние годы интенсивно развивается направление использования светлозерных высокопродуктивных форм зернового сорго с высоким содержанием и выходом крахмала для производства крахмалопродуктов [9, 11, 12]. Некоторые исследователи считают преимуществом сорго перед другими злаковыми культурами высокое содержание вторичных метаболитов (фенолы, стерины, поликозанолы), которые играют важную роль в качестве антиоксидантов, снижают уровень холестерина, оказывают антидиабетическое действие [15, 16].

Развитие направлений, связанных с технической и пищевой переработкой зернового сорго вызывает необходимость детального изучения образцов мировой коллекции генетических ресурсов ВИР [5, 13]. На основе изучения исходного материала зернового сорго коллекции ВИР формируются рабочие коллекции образцов для селекции новых сортов и гибридов различного использования. Такие исследования требуют эффективного анализа и характеристики генотипов в почвенно-климатических условиях зоны проведения селекционных работ [17].

Целью данного исследования является сравнительный анализ сортообразцов зернового сорго мировой коллекции ВИР по морфометрическим показателям и элементам продуктивности зерна и биомассы для дальнейшей селекции лучших форм по комплексу ценных показателей при создании новых высокопродуктивных сортов и гибридов.

Материал и методы исследований

Питомник сортообразцов зернового сорго коллекции мировых генетических ресурсов ВИР, сформированный в 2025 году на опытном поле ФГБНУ РосНИИСК «Россорго» включал 48 сортообразцов и 9 сортов инорайонной селекции зернового сорго в качестве рабочей коллекции, сформированной после исследования широкого набора исходного материала в предыдущие годы и характеризующиеся устойчивым созреванием [3]. Площадь делянок составила 7,7 м², повторность опытов трехкратная. Густота стояния растений зернового сорго установлена 150-200 тыс. раст./га, посев выполнен широкорядным способом с междурядьями 70 см. В качестве стандарта использован районированный в Нижневолжском регионе сорт Старт.

В коллекционном питомнике зернового сорго проведена сравнительная оценка сортообразцов по морфометрическим показателям и элементам продуктивности (интенсивность начального роста, высота растений при созревании, площадь наибольшего и флагового листьев, параметры соцветий, масса 1000 семян, продуктивная кустистость, урожайность зерна и биомассы).

Оценка хозяйственно-ценных признаков и свойств проведена согласно методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур [10], а также «Широкого унифицированного классификатора СЭВ и международного классификатора СЭВ возделываемых видов рода Sorghum Moench» [14]. Выполнен анализ статистических параметров выборки изучаемых показателей [2].

Результаты исследований

Изучение варьирования морфометрических и урожайных характеристик образцов дало возможность выявить ценные лучшие формы. В питомнике установлена значительная вариация признаков – от 15,2% (масса 1000 семян) до 56,7% (выдвинутость ножки соцветия). Изменчивость высоты растений через 30 дней от всходов составила 47,3-100,0 см, при этом коэффициент вариации признака равен 17,8%, средняя величина показателя в питомнике – 67,7 см. Величина интенсивности начального роста растений имеет важное практическое значение для выявления быстрорастущих образцов, имеющих преимущества их быстрого развития для успешной конкурентной борьбы с сорной растительностью. В коллекционном питомнике выделены интенсивно растущие в течение 30 дней от всходов образцы, превосходящие среднюю величину признака по этому показателю (67,7 см) и сорт стандарт Старт (48,0 см), отличившиеся начальным ростом свыше 80,0 см: В-03-3001 и Achi Turi – 88,7 см, В-03-3003 – 98,3 см, В-01-3005 – 85,3 см, М-60887 – 82,0 см (таблица 1). Выявлена значительная изменчивость высоты растений при созревании, составившая 78,3-178,0 см, коэффициент вариации признака – 20,0%, средний показатель в питомнике – 119,9 см. Подобная широкая изменчивость величины показателя способствовала выделению карликовых форм, высота которых при созревании оказалась менее 1,0 м.

В питомнике представлены и более высокорослые формы, высота растений которых достигла 1,5 м и более: В-03-3001 – 177,5 см, В-03-3003 – 178,0 см, М-608887 – 163,0 см, МСА-23В – 166,5 см, МК 232/18 – 177,2 см. Селекция таких рослых форм зернового сорго со значительной биомассой позволит получать сорта для использования в кормопроизводстве с целью изготовления монокорма, зерносенажа, силоса.

Площадь листьев растений связана с фотосинтетической активностью, уровнем обменных процессов и в конечном итоге определяет продуктивность образцов [6]. Изученные образцы показали значительное варьирование величины признака – 27,5% по площади наибольшего листа, 41,8% – флагового листа.

Таблица 1 – Оценка сортообразцов зернового сорго мировой коллекции ВИР и сортов разных селекцентров РФ по морфометрическим показателям и элементам продуктивности

Образец, селекционная линия	Номер каталога ВИР	Высота растений, см		Площадь листа, $см^2$		Параметры соцветия, см			Масса 1000 семян, г	Урожайность, т/га		Продуктивная кустистость, шт./раст.
		через 30 дн. от всходов	при созревании	наибольшего	флагового	длина	ширина	выдвинутость ножки		зерна	биомассы	
Старт St		48,0	123,8	137,5	93,8	23,2	12,3	39,5	30,7	3,52	12,07	2,33
06-2037		57,3	83,8	163,7	65,2	14,3	4,7	1,0	24,5	3,70	13,15	2,21
06-2039		51,3	103,8	129,1	49,7	15,3	4,4	4,6	22,6	2,43	17,10	2,24
06-2062		64,7	118,8	162,9	67,9	17,4	5,3	6,9	23,1	2,93	9,53	1,36
06-2196		60,0	94,6	126,9	27,3	18,3	5,3	4,1	22,3	2,53	7,62	1,62
R-05-001		72,7	109,5	116,9	66,6	23,4	9,1	16,4	26,8	2,17	10,35	1,38
B-139/1		80,0	110,2	101,5	53,7	19,6	8,0	10,0	26,0	2,50	11,05	1,38
B-139/2		79,7	113,5	104,3	45,9	17,3	12,3	16,7	28,4	2,63	12,15	1,42
B-4845		60,0	101,2	157,5	69,6	16,3	5,1	21,0	28,1	1,90	11,58	1,20
B-03-3001		88,7	177,5	187,6	28,3	16,4	5,1	27,7	28,7	2,53	11,60	1,42
B-03-3003		98,3	178,0	172,0	48,3	16,8	6,7	26,5	21,6	3,52	18,65	1,37
B-03-3008		75,7	106,5	125,0	77,1	18,4	4,8	3,2	36,8	2,90	11,70	1,79
B-01-3005		85,3	136,5	184,2	49,5	15,6	6,0	17,1	24,4	3,83	14,83	2,00
B-96367		61,3	85,2	150,0	81,9	16,2	5,7	14,6	23,2	1,97	10,90	1,24
Kaffir corn	к-175	64,7	128,5	115,4	43,2	21,3	6,5	7,0	23,7	2,53	12,20	2,31
Kaffir corn	к-177	60,0	96,5	184,5	95,5	24,4	12,3	12,3	23,1	4,23	11,10	1,35
Egyption corn	к-238	64,0	94,8	113,7	26,0	16,3	7,8	14,7	18,3	2,33	10,37	1,76
Гаолян ОВК	к-420	79,3	139,8	133,8	62,3	19,3	8,4	17,0	25,0	3,83	12,50	2,08
Джугара Красная	к-1120	65,0	123,8	102,2	62,0	18,7	4,5	19,5	21,5	3,17	12,43	2,11
Sorgo Caffro	к-1343	68,7	135,8	176,2	42,7	20,6	8,8	2,0	27,4	2,20	13,20	1,05
Dwarf Freed Sorg	к-1553	70,7	140,5	168,9	47,4	20,6	6,8	18,8	22,0	2,43	11,13	1,11
Achi Turi	к-1883	88,7	141,2	205,9	22,7	18,0	9,7	6,5	23,9	4,97	11,45	1,40
Durra Giza №25	к-2058	76,7	121,5	185,4	111,8	22,2	5,5	12,4	35,4	4,90	17,08	2,13
Martin 7078	к-3902	61,0	111,5	107,6	37,9	15,7	5,5	16,4	24,0	2,57	10,60	1,61
GS-58	к-4075	53,7	107,5	162,0	55,1	19,2	5,1	9,4	31,4	3,17	10,10	1,25
Без названия	к-4086	77,7	110,6	108,5	57,3	21,4	7,9	16,0	25,0	2,73	11,53	1,31
Hazera 6060	к-4086/1	58,3	100,8	100,6	85,4	19,3	6,5	2,1	31,6	2,53	11,17	2,04
Без названия	к-5571	58,3	105,8	96,7	61,2	16,4	6,7	21,2	18,9	2,13	10,95	1,37

D.D.Shallu 4E	к-6111	66,7	128,6	103,5	39,5	19,8	6,9	3,8	22,1	3,43	14,35	3,40
Без названия	к-6599	60,3	108,5	135,4	61,4	23,7	6,6	11,4	25,1	2,57	10,58	1,77
Line E x F3Js 12609 x selection 7-2	к-7606	52,0	96,2	128,9	35,0	14,6	3,6	11,8	30,2	2,53	10,98	1,90
1134 C-B-B	к-8477	65,3	107,8	172,0	77,6	12,4	4,3	19,5	23,5	2,50	11,15	2,14
О-К-8803 (1)	к-8803	65,3	115,2	172,7	96,2	18,4	4,6	10,0	34,0	3,97	15,85	2,35
М-63300	к-8885	100,0	146,2	116,8	33,6	17,3	6,7	22,8	28,5	3,60	15,72	3,11
О-к-8976/2	к-8976	64,0	144,4	102,2	30,7	18,2	7,1	21,4	20,4	3,87	10,95	1,89
М-60887		82,0	163,0	220,7	108,6	20,4	5,0	27,5	24,8	3,57	16,77	1,46
Местное	к-9115	80,0	135,2	123,2	43,9	16,2	4,6	11,5	24,0	2,53	12,82	1,87
Кубанское раннее 169	к-9341	47,3	96,2	220,7	64,0	15,1	5,8	11,1	19,5	3,27	10,60	1,88
Кубанское раннее 165	к-9342	62,7	133,1	228,7	126,1	22,6	8,0	29,2	22,4	4,07	11,78	2,21
Низкорослое 200	к-9480	63,0	107,5	224,1	91,4	19,7	7,1	15,4	20,2	6,33	15,85	1,90
МСА-23В	к-10112	78,3	166,5	235,7	39,7	19,8	5,7	14,3	24,0	2,73	18,23	2,79
BR-007 R	к-10792	56,7	109,2	217,6	67,4	16,3	5,5	6,9	30,5	2,82	12,20	1,68
Сориз белый		64,7	112,9	164,4	78,5	16,4	5,2	20,5	21,1	2,60	11,20	2,31
МК №232/18		79,7	177,2	113,6	29,8	18,0	6,3	21,8	20,0	2,73	17,75	3,02
Раннее 1		80,3	142,2	128,1	48,2	17,7	9,4	6,0	23,2	3,87	12,33	1,51
Сорго Таджикское		69,7	152,8	181,9	41,7	26,6	6,7	0,0	19,3	4,33	17,95	1,42
Ирина		65,7	104,8	207,6	104,6	15,6	7,5	20,2	24,7	3,37	14,33	1,69
Орловское		50,3	90,0	178,9	110,0	19,2	8,3	12,9	24,9	3,77	11,02	2,04
Хазине 28		56,7	105,5	200,9	80,4	27,9	14,3	6,3	21,3	3,17	11,67	1,51
Великан		54,7	125,6	193,7	41,6	18,3	8,1	9,6	21,9	4,37	16,75	1,79
Зерноградское 88		68,3	149,2	167,3	63,3	20,7	6,7	11,2	20,0	3,73	14,15	1,62
Ким		48,7	91,0	140,1	57,8	23,5	5,8	5,3	27,0	2,57	10,58	1,56
Зерста 97		59,7	104,4	242,4	41,7	11,2	5,9	3,7	20,9	3,67	15,62	1,72
Камышинское 64		54,7	111,8	120,0	32,9	16,5	8,2	9,2	26,5	2,60	11,38	2,07
Славянка		58,3	95,2	110,9	36,2	17,9	5,9	9,7	24,3	2,93	10,68	1,72
О-06-2192 (1)		66,3	103,8	140,8	76,4	17,6	5,6	8,3	21,8	3,40	13,95	1,78
О-06-2192 (2)		68,3	104,6	230,9	37,3	13,4	4,6	9,9	22,7	2,83	10,23	1,87
Средняя и её ошибка		67,7± 1,6	119,9±3,2	156,0± 5,7	59,8± 3,3	18,4± 0,4	6,5± 0,2	12,9± 0,9	24,33± 0,5	3,1± 0,1	12,9±0,3	1,8±0,06
Коэффициент вариации V, %		17,8	20,0	27,5	41,8	17,4	27,5	56,7	15,2	23,3	20,7	24,9

Такая изменчивость показателя дала возможность выделить 19 наиболее ценных образцов, характеризующихся достоверным превышением величины признака над стандартом и средним значением по питомнику. Самой значительной площадью наибольшего листа характеризовались образцы: М-60887 – 220,7 см^2, М-60887 (1) – 220,6 см^2, к-9341 – 220,7 см^2, к-9342 – 228,7 см^2, к-9480 – 224,1 см^2, к-10112 – 235,7 см^2, к-10792 – 217,6 см^2, О-06-2192 (2) – 230,9 см^2, сорт Зерста 97 – 242,4 см^2. Площадью флагового листа существенно превзошли стандарт и среднее значение величины показателя в питомнике образцы к-2058 – 111,8 см^2, к-9342 – 126,1 см^2.

К элементам зерновой продуктивности относятся параметры соцветия – длина и ширина метёлки, а также выдвинутость ножки метёлки, которые также отличились значительным варьированием величины показателей – коэффициенты вариации составили соответственно 17,4%, 27,5% и 56,7%. К числу образцов, превосходящих стандарт сорт Старт по длине метелки (более 23,2 см) отнесены: образцы R-05-001 – 23,4 см, к-177 – 24,4 см, к-6599 – 23,7 см, сорго Таджикское – 26,6 см, сорта Хазине 28 – 27,9 см, Ким – 23,5 см. Выдвинутость соцветий (более 20,0 см) выявлена у 11-ти образцов: В-4845 – 21,0 см, В-03-3001 – 27,7 см, В-03-3003 – 26,5 см, к-5571 – 21,2 см, М-63300 – 22,8 см, О-к-8976/2 – 21,4 см, М-60887 – 27,5 см, М-60887 (1) – 21,3 см, к-9342 – 29,2 см, Сориз белый – 20,5 см, МК 232/18 – 21,8 см.

Созданием крупнозерных форм сорговых культур занимаются ученые-селекционеры разных научных организаций [5, 7], поскольку масса 1000 семян является важнейшим элементом зерновой продуктивности образцов В питомнике варьирование показателя составило 18,3 – 36,8 г, коэффициент вариации равен 15,2%, средняя величина признака равнялась 24,3 г. Обнаруженная изменчивость показателя позволила выявить наиболее крупнозерные формы, существенно превосходящие стандарт (30,7 г) по массе 1000 семян: В-03-3008 – 36,8 г, Durra Giza – 35,4 г, Hazera 6060 – 31,6 г, к-4075 – 31,4 г, О-к-8803/1 – 34,0 г.

Среди селекционно-полезных показателей растений наиболее ценными являются урожайность зерна и биомассы, в которых реализуются проявление и влияние всех других элементов продуктивности. Урожайность зерна образцов значительно варьировала: 1,90-6,33 т/га (V=23,3%), на уровне урожайности зерна стандарта (3,52 т/га) оказались образцы: В-03-3003 – 3,52 т/га, В-01-3005 и к-420 Гаолян ОВК– 3,83 т/га, М-63300 – 3,60 т/га, М-60887 – 3,57 т/га, сорта инорайонной селекции Орловское – 3,77 т/га и Зерста 97 – 3,67 т/га. Урожай зерна свыше 4,00 т/га установлен у 7-ми образцов: к-177 – 4,23 т/га, к-1883 – 4,97 т/га, к-2058 – 4,90 т/га, к-9342 – 4,07 т/га, к-9480 Низкорослое 200 – 6,33 т/га, сорго Таджикское – 4,33 т/га, сорт Великан – 4,37 т/га.

Урожайность биомассы коллекционных сортообразцов варьировала в пределах 7,62-18,88 т/га, коэффициент вариации составил 20,7%. Наиболее продуктивные образцы сформировали урожайность биомассы свыше 17,0 т/га: 06-2039 – 17,10 т/га, В-03-3003 – 18,65 т/га, к-2058 – 17,08 т/га, М-60887 (1) – 18,88 т/га, к-10112 – 18,23 т/га, МК 232/18 – 17,75 т/га, сорго Таджикское – 17,95 т/га, сорт Великан – 16,75 т/га.

Элементом продуктивности зернового сорго является также показатель продуктивной кустистости растений, который проявил среднюю вариабельность в пределах 1,05-3,40 продуктивных стеблей на растении, коэффициент вариации составил 24,9%. Продуктивная кустистость сорта-стандарта составила 2,33 шт./растение, средняя величина показателя в питомнике равнялась 1,80 шт./растение. В питомнике выявлены различные сортообразцы – слабо кустящиеся с величиной показателя 1,05 шт./раст. (к-1343) – 1,11 шт./раст. (к-1553), а также сильно кустящиеся формы с продуктивной кустистостью в пределах 3,02 шт./раст. (МК 232/18) – 3,40 шт./раст. (к-6111). Большинство коллекционных сортообразцов характеризовались средней кустистостью 1,4-2,2 шт./растение. В селекционной работе используются различные по продуктивной кустистости образцы, создаваемые для сортов, гибридов разного направления использования.

Заключение

В коллекционном питомнике выявлены коллекционные сортообразцы, являющиеся донорами крупнозёрности, масса 1000 семян которых составила: В-03-3008 – 36,8 г, Durra Giza – 35,4 г, Hazera 6060 – 31,6 г, к-4075 – 31,4 г, О-к-8803/1 – 34,0 г. По урожайности зерна (4,07-6,33 т/га) выделились образцы к-177, к-1883, к-2058, к-9342, к-9480 Низкорослое 200, сорго Таджикское, сорт Великан, а урожайностью биомассы (свыше 17,0 т/га) – 06-2039, В-03-3003, к-2058, М-60887 (1), к-10112, МК 232/18, сорго Таджикское, сорт Великан.

Сравнительное изучение морфометрических показателей и продуктивности позволило выявить образцы, характеризующиеся комплексом селекционно-ценных признаков: оптимальной высотой при созревании, значительной площадью наибольшего и флагового листьев, значительными параметрами соцветий, основными элементами зерновой продуктивности. К таким ценным для дальнейшей селекции сортов и гибридов зернового сорго отнесены коллекционные сортообразцы к-177, к-1883, к-2058, к-9342, к-9480 Низкорослое 200, к-8803, М-60887, сорта Хазине 28, Великан, Зерста 97.

Список литературы

1. Большаков А.З. Выделение самодостаточных базовых культур в кормопроизводстве как следствие воздействия планетарного потепления климата (на примере сорго) // Известия Международной академии аграрного образования. – 2022. – №62. – С. 9-15.

2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов

исследований). – М., 2011. – 352 с.

3. Кибальник О.П., Семин Д.С., Ефремова И.Г., Куколева С.С., Старчак В.И. Анализ продуктивности коллекционных сортообразцов зернового сорго в условиях Нижневолжского региона // Достижения и перспективы развития экспериментальной биологии в Таджикистане: Сб. матер. межд. науч.-практ. конф., посвященной 60-летию образования Института физиологии и биофизики растений. – Душанбе: 2024. – С. 113-115.

4. Оценка качества зерна и биомассы сорго с целью использования в кормопроизводстве / О.П. Кибальник, И.Г. Ефремова, Д.С. Семин [и др.] // Зерновое хозяйство России. – 2019. – №4 (64). – С. 3-7. DOI 10/31367/2079-8725-2019-64-4-3-7.

5. Ковтунова Н.А., Ковтунов В.В. Биоразнообразие сорго // Зерновое хозяйство России. – 2018. – № 5. – С. 49-52.

6. Ковтунова Н.А., Ковтунов В.В., Романюкин А.Е. Ширина листа – маркерный признак высокой урожайности зеленой массы сорго сахарного // Аграрная наука. – 2024. – №384(7). – С. 125-129.

7. Костылев П.И., Костылева Л.М. Селекция зернового, сахарного сорго и суданской травы на крупнозерность // Международный научно-исследовательский журнал. – 2020. – № 6-1(96). – С. 153-157.

8. Биоразнообразие селекционных линий зернового сорго по хозяйственно-ценным признакам зерна и биомассы / С.С. Куколева, И.Г. Ефремова, В.И. Степанченко [и др.] // Роль женщин в развитии сельскохозяйственной науки: сб. трудов межд. науч.-практ. конф. – Узбекистан, 2024. – С. 86-91.

9. Куликова Н.Е., Чернобровина А.Г., Роева Н.Н., Попова О.Ю. Изучение процесса биоконверсии крахмала зернового сорго // Polish journal of science. – 2020. – №28. – Р. 12-15.

10. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. – М.: 1989. – 194 с.

11. Зерновое сорго – сельскохозяйственная культура с большими возможностями: биологический потенциал, использование в пищевой промышленности и кормопроизводстве: монография / И.А. Сазонова, К.С. Кондаков, О.Б. Каменева [и др.]. – Саратов: ИЦ «Наука», 2023. – 127 с.

12. Сыркина Л.Ф., Никонорова Ю.Ю. Сорго зерновое как возможный источник сырья для переработки на крахмал и спирт // Вестник КрасГАУ. – 2020. – № 10(163). – С. 95-100.

13. АТЛАС – биоресурсная коллекция сорговых культур ФГБНУ РосНИИСК «Россорго» / В.Н. Титов, Ю.В. Бочкарева, Д.С. Семин [и др.] / под общей ред. канд. эконом. наук Кондакова К.С., канд. биол. наук Кибальник О.П., канд. с.-х. наук Ефремовой И.Г. – Саратов: Изд-во «Техно-Декор». – 2022. – 188 с.

14. Якушевский Е.С., Варадинов С.Г., Корнейчук В.А., Баняи Л. Широкий унифицированный классификатор СЭВ и международный классификатор СЭВ возделываемых видов рода Sorghum Moench. Л – 1982. – 34 с.

15. Khalid A.A, Arshad M.S., Afzal F., Akram R., Siddeeg A.,.Kousar S., Rahim M.A., Aziz A.,. Maqbool Z., Saeed A. Nutrients and bioactive compounds of Sorghum bicolor L. used to prepare functional foods: A review on the efficacy against different chronic disorders // International Journal of Food Properties. – 2022. – 25(1). – pp. 1045-1062.

16. Kibalnik O.P., Larina T.V., Bychkova V.V., Semin D. S., Efremova I.G. Source material in the selection of Sourgum Saccuratum when used for feed purposes. // Journal of Agriculture and Enviropment. 2022 – 1(21).
DOI: https: /doi. Org/10.23649/jae 2022.1.21.13

17. Mofokeng, A.M., Shimelis H., Laing M. Breeding strategies to improve sorghum quality // AJCS. – 2017. – V. 11(02). – P. 142-148.

References

1. Bolshakov A.Z. Isolation of self-sufficient basic crops in forage production as a consequence of the impact of planetary warming (on the example of sorghum) // Bulletin of the International Academy of Agrarian Education. - 2022. - No. 62. - Pp. 9-15.

2. Dospekhov B.A. Methodology of field experiment (with the basics of statistical processing of research results). - Moscow, 2011. - 352 p.

3. Kibalnik O.P., Semin D.S., Efremova I.G., Kukoleva S.S., Starchak V.I. Analysis of the productivity of collection accessions of grain sorghum in the conditions of the Lower Volga region // Achievements and prospects for the development of experimental biology in Tajikistan: Coll. materials of the international scientific-practical. Conf. dedicated to the 60th anniversary of the Institute of Plant Physiology and Biophysics. – Dushanbe: 2024. – Pp. 113-115.

4. Assessment of the quality of sorghum grain and biomass for use in forage production / O.P. Kibalnik, I.G. Efremova, D.S. Semin [et al.] // Grain Economy of Russia. – 2019. – No. 4 (64). – Pp. 3-7. DOI 10/31367/2079-8725-2019-64-4-3-7.

5. Kovtunova N.A., Kovtunov V.V. Sorghum biodiversity // Grain Economy of Russia. – 2018. – No. 5. – Pp. 49-52.

6. Kovtunova N.A., Kovtunov V.V., Romanyukin A.E. Leaf width as a marker trait for high green mass yield in sweet sorghum // Agrarian science. - 2024. - No. 384 (7). - P. 125-129.

7. Kostylev P.I., Kostyleva L.M. Breeding of grain, sugar sorghum and sudangrass for large grain size // International research journal. - 2020. - No. 6-1 (96). - P. 153-157.

8. Biodiversity of grain sorghum breeding lines for economically valuable grain and biomass traits / S.S. Kukoleva, I.G. Efremova, V.I. Stepanchenko [et al.] // The role of women in the development of agricultural science:

collection of papers. Proc. of the Int. Scientific and Practical Conf. – Uzbekistan, 2024. – Pp. 86-91.

9. Kulikova N.E., Chernobrovina A.G., Roeva N.N., Popova O.Yu. Study of the process of starch bioconversion in grain sorghum // Polish journal of science. – 2020. – No. 28. – Pp. 12-15.

10. Methodology of state variety testing of agricultural crops. – Moscow: 1989. – 194 p.

11. Grain sorghum – an agricultural crop with great potential: biological potential, use in the food industry and forage production: monograph / I.A. Sazonova, K.S. Kondakov, O.B. Kameneva [et al.]. – Saratov: IC "Science", 2023. – 127 p.

12. Syrkina L.F., Nikonorova Yu.Yu. Grain sorghum as a possible source of raw materials for processing into starch and alcohol // Bulletin of KrasSAU. - 2020. - No. 10 (163). - P. 95-100.

13. ATLAS - bioresource collection of sorghum crops of the Federal State Budgetary Scientific Institution RosNIISK "Rossorghum" / V.N. Titov, Yu.V. Bochkareva, D.S. Semin [et al.] / under the general editorship of Cand. Sci. (Econ.), Cand. Sci. (Biol.), Kibalnik O.P., Cand. Sci. (Agr.), Efremova I.G. - Saratov: Publishing House "Techno-Decor". - 2022. - 188 p.

14. Yakushevsky E.S., Varadinov S.G., Korneichuk V.A., Banyai L. Broad Unified Classification of CMEA and International Classification of CMEA Cultivated Species of the Genus Sorghum Moench. L. – 1982. – 34 p.

15. Khalid A.A, Arshad M.S., Afzal F., Akram R., Siddeeg A., Kosar S., Rahim M.A., Aziz A., Maqbool Z., Saeed A. Nutrients and bioactive compounds of Sorghum bicolor L. used to prepare functional foods: A review on the efficacy against different chronic disorders // International Journal of Food Properties. – 2022. – 25(1). – pp. 1045-1062.

16. Kibalnik O.P., Larina T.V., Bychkova V.V., Semin D.S., Efremova I.G. Source material in the selection of Sourgum Saccuratum when used for feed purposes. // Journal of Agriculture and Environment. 2022 – 1(21).

DOI: https: /doi. Org/10.23649/jae 2022.1.21.13

17. Mofokeng, A.M., Shimelis H., Laing M. Breeding strategies to improve sorghum quality // AJCS. – 2017. – V. 11(02). – P. 142-148.

10.52671/26867591_2026_1_69
УДК 635.25

СОРТОИЗУЧЕНИЕ ЛУКА РЕПЧАТОГО В РАВНИННЫХ УСЛОВИЯХ СЕВЕРНОГО ДАГЕСТАНА

ИСМАИЛОВ И.С., аспирант
МУСТАФАЕВ Г.М., доцент
КАРАЕВ М.К., профессор
ФГБОУ ВО Дагестанский ГАУ, г. Махачкала, Россия

STUDY OF ONION VARIETY IN THE PLAIN CONDITIONS OF NORTHERN DAGESTAN

ISMAILOV I.S., postgraduate student
MUSTAFAEV G.M., Associate Professor
KARAEV M.K., Professor
Dagestan State Agrarian University, Makhachkala, Russia

Аннотация. В статье представлены результаты оценки урожайности и качества лука репчатого за 2023-2025 гг. в зависимости от сорта. В данном исследовании представлены результаты по изучении влияния сорта на продуктивность лука репчатого и качество луковиц в условиях Республики Дагестан. Целью исследований является комплексная оценка продуктивности и качества луковиц интродуцированных сортов лука репчатого в условиях Терско-Сулакской низменности. Изучаемые сорта отличались по продолжительности вегетационного периода, которая составила в зависимости от сорта 85 - 120 дней. Коротким периодом вегетации выделяется гибрид Вердон F1 (85 дней). У контрольного сорта Халцедон самый длинный период вегетации (120 дней). Сохранность и плотность посевов лука к концу вегетации составила от 93,8 до 95,7%. Наибольший средний урожай за три года получен у гибрида Бонус – 72,3 т/га при средней массе луковицы 75,5 г. Наименьшая урожайность была у гибрида Кенди – 51 т/га, средняя масса плода здесь равна 52,9 г. Наименьшая рентабельность у гибрида Кенди F1 (соответственно 29,1 тыс. руб./га и 6,0%), здесь же, естественно, и самая высокая себестоимость – 9149 руб./ц.

Ключевые слова: сорт, гибрид, лук репчатый, норма высева, качество луковиц, урожайность, рентабельность

Abstract. *The article presents the results of assessing the yield and quality of onions for 2023-2025. depending on the variety. This study presents the results of studying the impact of the variety on the productivity of onions and the quality of bulbs in the conditions of the Republic of Dagestan. Purpose of the study - a comprehensive assessment of the productivity and quality of bulbsintroduced varieties of onions in conditions of Terek-Sulak lowland. The varieties studied differed in the*

length of the growing season, which was 85-120 days depending on the variety. The Verdon F1 hybrid (85 days) stands out as a short vegetation period. The control port of Halcedon has the longest growing season (120 days). Preservation and density of onion crops by the end of vegetation ranged from 93.8 to 95.7%. The highest average yield for three years was obtained from the hybrid Bonus - 72.3 t/ha with an average bulb weight of 75.5 g. The lowest yield was for the Kendi hybrid - 51 t/ha, the average fruit weight here is 52.9 g. The lowest profitability for the Kendi gi-breed F1 (respectively 29.1 thousand rubles/ha and 6.0%), here, but also the highest cost - 9149 rubles/c.

Keywords: *variety, hybrid, onion, seeding rate, bulb quality, yield, profitability*.

Введение. Лук репчатый (*Allium cepa* L.) занимает важное место в овощеводстве многих стран благодаря своему уникальному химическому составу, обусловливающему его ценные вкусовые, питательные и лечебные свойства. Он широко используется в течение всего года как в свежем виде, так и в качестве сырья для консервной промышленности. Важность этой культуры для России определяется размерами занимаемых ею площадей – около 122,91 тыс. га. Примерно 20% от этой площади составляют раннеспелые сорта и гибриды.

Селекция на скороспелость – одно из важнейших направлений в селекционной работе с луком. Для решения проблемы конвейерного выращивания лука значительную роль играет выведение высокоурожайных сортов и гибридов F1 с ранним сроком созревания [1, 2, 3]. Ежегодно в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию, включаются новые сорта и гибриды, вместе с тем растет уровень требований, предъявляемых к ним.

Сегодня рынок представлен достаточно большим сортиментом новых раннеспелых сортов и гибридов F_1, которые востребованы у овощеводов [4].

Лук репчатый имеет окраски от белой до красной и коричневой. Наиболее распространены (более 90%) и пользуются спросом сорта с желтой окраской различных оттенков. Признак «окраска сухих чешуй» луковицы является очень важным, так как определяет внешней вид и товарные качества продукции. Такие признаки, как толщина и сцепление сухих чешуй, имеют определяющее значение при уборке и хранении лука. Очевидно, что чем лучше сцепление и толще чешуи, тем менее травмировано будет происходить уборка [8, 9, 10, 11].

В промышленном производстве лучшим размером для реализации считается размер луковицы 6-8 см, что соответствует группе среднего размера луковицы – 100-150 г. Соответственно, наибольший интерес для нас представляет группа с массой луковицы от 100 до 150 г, то есть среднего размера и с низким показателем изменчивости [12, 13].

Химический состав лука репчатого зависит от многих факторов, в первую очередь от сорта, экологических условий и агротехнических приемов. По вкусовой оценке сорта лука репчатого делятся на 3 группы: острые, полуострые и сладкие или салатные, которые отличаются по содержанию в луковицах сухого вещества, сахаров и других веществ.

Большее количество сухого вещества накапливают луковицы острых сортов – до 22 %, сладких сортов – около 10 %. Среднее содержание сахаров по указанным группам сортов составило: 9 % у острых и 6 % у сладких. Для длительного хранения предпочтительней полуострые и острые сорта лука [11, 14, 15, 16].

Лук играет огромную роль в жизни человека: это и незаменимый продукт питания, основа многих блюд и источник витаминов (С, группы В), минералов (калий, сера) и антиоксидантов (кверцетин), укрепляющих иммунитет и сердце. Он также используется в народной медицине для улучшения пищеварения, борьбы с простудами (как отхаркивающее), улучшения состояния кожи, волос и даже как средство повышения потенции у мужчин, а в культуре символизирует жизненную силу.

История лука в Дагестане тесно связана с древними торговыми путями и близостью к его родине – Средней Азии и Кавказу; дикие предки лука росли здесь всегда, а культурные формы распространялись через Кавказскую Албанию и далее, становясь неотъемлемой частью местной кухни и земледелия, как и во всей России, куда лук попал в Средние Века.

Сегодня Дагестан остается одним из значимых регионов России по выращиванию лука, поскольку почвенно-климатические условия региона являются благоприятными для возделывания этой ценной овощной культуры в питании человека.

Урожаи репчатого лука в Дагестане всего два-три десятка лет назад составляли 50-80 ц/га, поэтому возделывание высокоурожайных гибридов лука имеет важное значение для производства этой ценной в питании человека культуры.

Цель исследований заключалась в поиске перспективных, обладающих комплексом хозяйственно ценных признаков, наиболее подходящих для условий северной равнинной зоны Дагестана, гибридов репчатого лука для изучения и оптимизации элементов технологии их возделывания.

Методика проведения исследований.

Опыты проводили в 2023-2025 гг. на землях ООО Агрофирма «ДагАгро» расположенного в селении Чагаротар, Хасавюртовского района. Основной тип почв в этом регионе представлен луговыми карбонатными слабо солончаковатыми среднесуглинистыми почвами. Климат района характеризуется большой сухостью воздуха и континентальностью (сухим жарким летом и умеренно холодной зимой).

По многолетним данным Хасавюртовской метеостанции среднегодовое количество осадков не превышает 480 мм, причем 70% их выпадает в летне-осеннее время.

Средняя годовая температура воздуха составляет 10-11°С. Продолжительность периода с температурой выше 11° составляет 193 дня. Самые высокие температуры отмечаются в июле-августе и варьируют от - 24 до 25,6°С, безморозный период составляет 213 дней. Первые осенние заморозки отмечаются в первой половине сентября, последние весенние – в начале апреля.

Сумма температур безморозного периода составляет 3980-3670°, сопровождается атмосферной засухой и высоким испарением, составляющим около 900 мм в год с водной поверхности, что существенно превышает количество выпадающих осадков, особенно в весенне-летний период.

Метеорологические условия в годы проведения исследований были типичные для данной местности.

Для исследований использовали 3 гибрида голландской и японской селекции и один отечественный сорт в качестве контрольного варианта.

Варианты опыта:

1. Сорт Халцедон (контроль)
2. Вердон F1
3. Кенди F1
4. Бонус F1

Посев проводили в конце февраля – начале марта. Повторность опыта четырёхкратная. Общая площадь делянки – 12 м^2. Ширина делянки составляла 1,7 м, длина 7,1 м., Учетная площадь делянки равнялась 10 м^2. Ширина делянки составляла 1,70 м, длина 5,9 м., повторность четырёхкратная. Расположение делянок рандомизированное. Изучаемые норма высева составляли 0,9; 1 и 1,1 млн. всхожих семян на гектар. Водообеспечение растений проводилось системой капельного полива (насосная станция ДВС ЯМЗ 236 + насос Rovaty).

В опыте проводились следующие учёты и наблюдения:

1. Фенологические наблюдения
2. Продолжительность вегетационного периода
3. Плотность посевов
4. Биометрические показатели
5. Структура урожая
6. Урожайность
7. Экономическая эффективность

Математическую обработку полученных данных проводили методом дисперсионного анализа.

Агротехника выращивания лука в хозяйстве.

В течение апреля-августа месяцев предыдущего году посадки проводятся полевые работы по поддержанию поля в состоянии «черный пар». Затем в сентябре-октябре вносятся фосфорно-калийные удобрения из расчета 400-600 кг/га, с последующей их заделкой.

С конца февраля до середины первой декады марта проводится посев семян лука с укладкой капельной ленты. Сразу после окончания сева проводится монтирование системы капельного орошения и начинается полив.

При фазе растения «Петелька» до выхода во «флажок» проводится обработка селективным довсходовым гербицидом Гайтана Стомп в дозировке 2,5-2,8 л/га.

Полив и минеральное питание продолжается весь период вегетации. Карта питания строится на основе химического анализа почвы на содержание макро-, микро- и мезо элементов. Через системы полива дается основной набор НРК. В среднем до 600 кг селитры аммиачной, 100-120 кг ортофосфорной кислоты, а также калия в разных формах и нитрата кальция.

Гербицидные обработки начинаются через неделю после сева в зависимости от среднесуточных температур.

Весенний комплекс химических обработок включает в себя фунгицидные, инсектицидные и гербицидные обработки. Количество обработок доходит до 20 раз на 1 га в зависимости от погодных условий и фона зараженности вредителями и распространения болезней лука. Большинство из них носит превентивный характер.

Дополнительно применяются стимуляторы роста на основе гуминовых, амино и фолиевых кислот. Они делятся на 2 вида: первый это корнестимуляторы, которые подаются через систему капельного полива с водорастворимыми удобрениями. Второй способ применения – для листовой стимуляции, а также во избежание «гербицидных ям», вызванных обработкой гербицидами вегетирующих растений, которые останавливают развитие лука.

Характеристика сортов лука.

Вердон F1 – ультраранний урожайный гибрид лука ярового японской селекции, отличается округлой формой луковицы, бронзовидным цветом луковицы, среднетранспортабельный.

Кенди F1 – ранний урожайный гибрид лука ярового голландской селекции, отличается овальной формой луковицы, желто-золотым цветом луковицы, транспортабельный.

Бонус F1 – среднеранний урожайный гибрид лука ярового японской селекции, отличается округлой формой луковицы, бронзовидным цветом луковицы, высоко транспортабельный. Подходит для недлительного хранения до 90 дней.

Халцедон – популярный среднеспелый сорт репчатого лука молдавской селекции, за отличную лёжкость (до 10 месяцев) и универсальность, формирующий плотные, округлые луковицы.

Результаты исследований и обсуждение

Продолжительность фенологической фазы от всходов до образования третьего листа наиболее короткой была у ультрараннего гибрида лука японской селекции Вердон и составляла 20 суток, наиболее продолжительной эта фаза продлилась у сорта Халцедон – 24 суток. Фаза от образования третьего листа до формирования пятого листа самой продолжительной опять была в контрольном варианте (18 дней), в остальных вариантах была, практически, одинаковой.

Формирование луковиц раньше всего началось у гибрида Вердон – через 18 дней после предыдущей фазы, у гибридов Бонус и Кенди – через 21 и 22 дня.

Таблица 1 - Продолжительность вегетационного периода (сутки)
(среднем за три года)

Фазы вегетации	Сорта			
	Халцедон (к)	Вердон F1	Бонус F1	Кенди F1
Всходы-образование 3 листа	24	20	22	22
Образование 3го- 5го листа	18	14	14	15
Образование 5го листа-формирование луковицы	25	18	21	22
Формирование луковиц- полегание листьев	31	22	25	25
Полегание листьев-техническая спелость	22	11	13	16
Всходы - техническая спелость	120	85	95	100

Позднее остальных луковицы начали формироваться опять у Халцедона. Полегать листья в контрольном варианте после начала формирования луковиц начали через 31 день, а в других вариантах через 22-25 дней. Для достижения технической спелости Вердону понадобилось еще 11 дней, Бонусу – 13, Кенди – 16 и Халцедону – 22 дня. В общей сложности от всходов до достижения технической спелости луковиц испытуемым сортам понадобилось от 85 до 120 дней, наиболее коротким вегетационный период был у гибрида Вердон, а наиболее длительным – у контрольного варианта. У Бонуса и Кенди разница составила всего 5 дней.

Таблица 2 – Сохранность и плотность посевов гибридов лука к уборке (среднее за 3 года)

№п/п	Сорт	Сохранность, %	Количество растений, тыс. шт./га
1	Халцедон	94,1	941
2	Вердон F1	94,5	945
3	Бонус F1	95,7	957
4	Кенди F1	93,8	938

Сохранность и количество растений на 1 гектаре при норме высева 1млн. всхожих семян приведены в таблице 2. Наибольший процент сохранности и соответственно наибольшее количество растений соответственно 95,7% и 957 тысяч растений были в третьем варианте у гибрида Бонус, а наименьшими эти показатели были в варианте Кенди, соответственно 93,8% и 938 тысячи растений. В общем показатели во всех вариантах примерно соответствуют производственным показателям.

Урожайность испытуемых сортов по годам различались не существенно, и тем не менее наибольший урожай у Халцедона, Кенди и Вердона были получены в третий год исследований, а у Бонуса – во второй. Наибольший средний урожай за три года получен у гибрида Бонус – 72,3 т/га при средней массе луковицы 75,5 г. Наименьшая урожайность была у гибрида Кенди – 51 ц/га, средняя масса плода здесь равна 52,9 г.

Стоимость товарной продукции лука оказалась примерно одинаковой и равнялась в среднем за три года и составила 970 руб./ц. Себестоимость наименьшей была в варианте гибрида Бонус и составила 6410 руб./ц, здесь же были наибольшая прибыль и рентабельность, соответственно 248,4 тыс. руб./га и 51,4%.

Таблица 3 – Структура урожая сортов лука репчатого (среднее за три года)

№ п/п	Сорт	Масса луковицы, г	Густота стояния Растений, шт./м^2	Урожайность, т/га
1	Халцедон	66,8	94,6	63,2
2	Вердон F1	69,6	95,2	66,3
3	Бонус F1	75,5	95,8	72,3
4	Кенди F1	52,9	96,4	51,0
НСР05				5,25

Таблица 4 – Экономическая эффективность сортов лука репчатого (среднее за три года)

Показатели	Сорта лука репчатого			
	Халцедон (к)	Вердон F1	Бонус F1	Кенди F1
Урожайность, т/га	63,2	69,6	75,5	52,9
Стоимость продукции, т. руб./га	613,0	675,1	732,4	513,1
Затраты, т. руб./га	484,0	484,0	484,0	484,0
Себестоимость, руб. /т	7658	6954	6410	9149
Прибыль, тыс. руб. /га	129,0	190,1	248,4	29,1
Рентабельность, %	26,6	39,3	51,4	6,0

Наименьшими прибыль и рентабельность были у гибрида Кенди F1 (соответственно 29,1 тыс. руб./га и 6,0%), здесь же, естественно, и самая высокая себестоимость – 9149 руб./ц.

Заключение. Проведенные фенологические наблюдения свидетельствуют о том, что продолжительность вегетационного периода от всходов до технической зрелости луковиц у изученных сортов значительно разнятся и продолжительность его составил от 85 до 120 дней: самый короткий вегетационный период был у ультрараннего гибрида Вердон F1 и составил 85 дней. Самый продолжительный – у сорта Халцедон – 120 дней.

Сохранность и плотность посевов лука к концу вегетации составила от 93,8 до 95,7, разница была незначительной, всего 1-2%.

Урожайность испытуемых сортов по годам различались не существенно, и тем не менее наибольший урожай у Халцедона, Кенди и Вердона были получены в третий год исследований, а у Бонуса – во второй. Наибольший средний урожай за три года получен у гибрида Бонус – 72,3 т/га при средней массе луковицы 75,5 г. Наименьшая урожайность была у гибрида Кенди – 51 т/га, средняя масса плода здесь равна 52,9 г.

Экономический анализ полученных данных показал, что наименьшими прибыль и рентабельность были у гибрида Кенди F1 (соответственно 29,1 тыс. руб./га и 6,0%), здесь же, естественно, и самая высокая себестоимость – 9149 руб./ц.

Список литературы

1. Казакова А.А. Лук. – Л.: Колос, 1970. – 78 с.
2. Прохоров И.А., Крючков А. В., Комиссаров В.А. Селекция и семеноводство овощных культур. – М.: Колос, 1997. – 480 с.
3. Ранние овощи [электронный ресурс]. URL: http://pochvaved.ucoz.ru/publ/1-1-0-15.
4. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию (сорта растений) на 12 января 2016 г. [электронный ресурс]. URL: http://www.gossort.com/reestr-1.html.
5. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – изд. 5-е., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
6. Литвинов С.С. Методика полевого опыта в овощеводстве. – М.: Россельхозакадемия, ГНУ ВНИИО, 2011. – 648 с.
7. Анципович В.В., Куприенко Н.П. Гетерозисная селекция лука репчатого с использованием ЦМС // Картофель и овощи. – 2006. – №8. – С. 29.
8. Сорта репчатого лука [электронный ресурс]. URL: http://ogorodik- sad.ru/content/sorta repchatogo luka.
10. Fritsch, R.M. Evolution, domestication and taxonomy. In:Rabinowitch H.D.Currah L. (eds). Allium crop science recent advances / R.M. Fritsch, N. Friesen // CABI Publisning, 2002.-56p.
11. Hanelt, P. Taxonomy, evolution and histori. In: Brewster J.L. and Rabinowitch H.D (eds). Onions and allied crops, botany, physiology and genetics/ P.Hanelt // CRC Press, Boca Ration, Florida, 1990.– 65 p.
12. Товароведная характеристика луковых овощей (на примере репчатого лука) [электронный ресурс]. URL: http://www.kazedu.kz/referat/110368.
13. Rabinowitch, H.D. Allium. Crop Science: Recent advances / H.D. Rabinowitch, L. Currah // CABI Publisning, 2002. - 544p.
14. Пивоваров В.Ф. Овощи России. – Москва: ГНУ ВНИИССОК, 2006. – 384 с.
15. Селекция и семеноводство овощных культур: сб. науч. тр. – М.: ВНИИССОК, 2007. – 256 с.
16. Трулевич В.К. Лук и чеснок. - изд. 3-е, перераб. и доп. – Колос, 1969. – 135 с.

References

1. Kazakova A.A. Onion. – Leningrad: Kolos, 1970. – 78 p.
2. Prokhorov I.A., Kryuchkov A.V., Komissarov V.A. Breeding and Seed Production of Vegetable Crops. – Moscow: Kolos, 1997. – 480 p.
3. Early Vegetables [electronic resource]. URL: http://pochvaved.ucoz.ru/publ/1-1-0-15.
4. State Register of Breeding Achievements Approved for Use (Plant Varieties) as of January 12, 2016 [electronic resource]. URL: http://www.gossort.com/reestr-1.html.

5. Dospekhov B.A. Methodology of Field Experiment (with Fundamentals of Statistical Processing of Research Results). – 5th ed., supplemented and revised. – Moscow: Agropromizdat, 1985. – 351 p.

6. Litvinov S.S. Methodology of field experiments in vegetable growing. – Moscow: Russian Agricultural Academy, GNU VNIIO, 2011. – 648 p.

7. Antsipovich V.V., Kuprienko N.P. Heterotic breeding of onions using CMS // Potatoes and vegetables. – 2006. – No. 8. – P. 29.

8. Onion varieties [electronic resource]. URL: http://ogorodik-sad.ru/content/sorta repchatogo luka.

10. Fritsch, R.M. Evolution, domestication and taxonomy. In: Rabinowitch H.D. Currah L. (eds). Allium crop science recent advances / R.M. Fritsch, N. Friesen // CABI Publishing, 2002.-56p.

11. Hanelt, P. Taxonomy, evolution and history. In: Brewster J.L. and Rabinowitch H.D (eds). Onions and allied crops, botany, physiology and genetics / P.Hanelt // CRC Press, Boca Racion, Florida, 1990.– 65 p.

12. Commodity characteristics of onion vegetables (using onions as an example) [electronic resource]. URL: http://www.kazedu.kz/referat/110368.

13. Rabinowitch, H.D. Allium. Crop Science: Recent advances / H.D. Rabinowitch, L. Currah // CABI Publishing, 2002. - 544p.

14. Pivovarov V.F. Vegetables of Russia. Moscow: VNIISSOK, 2006. 384 p.

15. Breeding and Seed Production of Vegetable Crops: Collection of Scientific Papers. Moscow: VNIISSOK, 2007. – 256 p.

16. Trulevich V.K. Onions and Garlic. 3rd ed., revised and enlarged. Kolos, 1969. – 135 p.

10.52671/26867591_2026_1_74
УДК 631.82:633.11

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВЫРАЩИВАНИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ СОРТОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В РАВНИННОЙ ЗОНЕ ДАГЕСТАНА ПРИ ОРОШЕНИИ

КУРБАНОВ С.А. [1], д-р с.-х. наук, профессор
МАГОМЕДОВ Н.Р. [1], д-р с.-х. наук, профессор
МАГОМЕДОВ Н.Н. [2], старший научный сотрудник
[1]ФГБОУ ВО Дагестанский ГАУ, г. Махачкала
[2]ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Республики Дагестан», г. Махачкала

THE EFFECTIVENESS OF GROWING PROMISING WINTER WHEAT VARIETIES IN THE LOWLAND ZONE OF DAGESTAN UNDER IRRIGATION

KURBANOV S. A. [1], Doctor of Agricultural Sciences, Professor
MAGOMEDOV N. R. [1], Doctor of Agricultural Sciences, Professor
MAGOMEDOV N. N. [2], Senior Researcher
[1]Dagestan State Agrarian University, Makhachkala
[2]Federal State Budgetary Budgetary Institution "Federal Agrarian Scientific Center of the Republic of Dagestan", Makhachkala

Аннотация. На опытной станции имени Кирова – филиал ФГБНУ «ФАНЦ РД» проводились экспериментальные исследования по изучению продуктивности пяти перспективных сортов озимой мягкой пшеницы селекции «НЦЗ имени П.П. Лукьяненко» Еланчик (контроль), Классика, Тимирязевка 150, Стиль 18, Бумба. Исследования проводились на лугово-каштановой тяжелосуглинистой почве в условиях орошения. В рамках эксперимента применялись различные нормы минеральных удобрений с целью оптимизации урожайности зерна до запланированного уровня 4,0; 5,0 и 6,0 т/га при внесении расчетных норм минеральных удобрений ($N_{96}P_{66}$; $N_{138}P_{91}$ и $N_{180}P_{117}$). Поставленная задача выполнена на всех опытных участках по всем изучаемым сортам. Лучшие показатели по урожайности зерна в течение трех лет достигнуты по сорту Тимирязевка 150, который демонстрирует высокий уровень зерна с 1 га – 5,74 т при расчетных нормах удобрений: 4,83 т/га, что 20,7 % выше планируемого уровня, 5,84 т/га (16,8%) и 6,71 т/га (11,8%). Близкие показатели по урожайности зерна достигнуты по сорту Бумба, с урожайностью при расчетных нормах минеральных удобрений в 4,0; 5,0 и 6,0 т/га соответственно 4,77 т/га; 5,59 и 6,50 т/га. Сорта Еланчик (контроль), Классика и Стиль 18 значительно уступали сортам Тимирязевка 150 и Бумба по своей продуктивности.

Цель исследований - дать комплексную оценку влиянию внесения различных норм минеральных удобрений на планируемую урожайность и продуктивность адаптированных сортов озимой мягкой пшеницы в районах с орошаемым земледелием Терско-Сулакской низменности.

Ключевые слова: сорта, продуктивность, минеральные удобрения, норма, почва, экономическая эффективность.

Annotation. *Experimental studies were conducted at the Kirov experimental station, a branch of the FANC RD Federal State Budgetary Budgetary Scientific Institution, to study the productivity of five promising winter soft wheat varieties of the P.P. Lukyanenko National Research Center Elanchik (control), Classic, Timiryazevka 150, Style 18, Bumba. The studies were conducted on meadow-chestnut heavy loamy soil under irrigation conditions. As part of the experiment, various rates of mineral fertilizers were applied in order to optimize grain yields to the planned level of 4.0, 5.0 and 6.0 t/ha when applying calculated rates of mineral fertilizers (N96P66; N138P91 and N180P117). The task was completed in all experimental plots for all studied varieties. The best grain yields over the course of three years were achieved for the Timiryazevka 150 variety, which demonstrates a high grain level from 1 ha – 5.74 tons at calculated fertilizer rates: 4.83 t/ha, which is 20.7% higher than the planned level, 5.84 t/ha (16.8%) and 6.71 t/ha (11.8%). Similar grain yields were achieved for the Bumba variety, with yields at calculated rates of 4.0; 5.0 and 6.0 t/ha, respectively, 4.77 t/ha; 5.59 and 6.50 t/ha. The Elanchik (control), Classic and Style 18 varieties were significantly inferior to the Timiryazevka 150 and Bumba varieties in their productivity.*

The purpose of the research is to provide a comprehensive assessment of the impact of applying various rates of mineral fertilizers on the planned yield and productivity of adapted winter soft wheat varieties in areas with irrigated agriculture in the Tersko-Sulak lowland.

Keywords: *varieties, productivity, mineral fertilizers, norm, soil, economic efficiency.*

Введение. Озимая пшеница в зерновом балансе Республики Дагестан занимает ведущее место, поэтому увеличение ее урожайности и качества зерна - важнейшие задачи сельского хозяйства. Почвенно-климатические условия Республики Дагестан являются благоприятными для возделывания озимой пшеницы. На орошаемых землях республики производится около 75% зерна озимой пшеницы. Однако урожайность озимой пшеницы даже в условиях орошения не превышает 2,7 т/га. По данным Министерства сельского хозяйства Республики Дагестан в 2025 г. было произведено 217,7 тыс. т зерна, при урожайности 2,7 т/га, а потребность республики в продовольственном зерне составляет 400 тыс. т. Поэтому одним из основных условий повышения урожайности и качества зерна является разработка и применение ресурсосберегающих технологий возделывания озимой пшеницы, размещение ее по лучшим предшественникам в севообороте, оптимальный режим орошения, своевременная и качественная подготовка почвы, дробное внесение минеральных удобрений, обязательная защита озимой пшеницы от болезней, вредителей и сорняков, на основе фитосанитарного мониторинга посевов, внедрение в производство новых высокоурожайных сортов, наиболее адаптированных к местным почвенно-климатическим условиям. Не соблюдение любой из этих агротехнических приемов неизбежно приводит к недобору урожая и ухудшению его качества [1, 2, 3, 4].

Цель исследований - дать комплексную оценку влиянию внесения раздуктивность адаптированных сортов озимой мягкой пшеницы в районах с орошаемым земледелием Терско-Сулакссской низменности.

Методика. Агротехнические методы проводили согласно зональным рекомендациям. Обработку почвы, посев и уход за посевами проводили на базе опытной станции филиала Федерального аграрного научного центра Республики Дагестан с 2021 по 2024 г. Расположение делянок систематическое. Почва опытного участка лугово-каштановая тяжелосуглинистая. Сог-ласно данным анализа содержание гумуса составило 2,5% по Тюрину, общий азот – 0,21%, подвижный фосфор по Мачигину – 16 мг/кг почвы, обменный калий по Протасову – 380 мг/кг. Исследования проводили в соответствии с общепринятыми методиками, результаты исследований обработаны с применением математической статистики (Б.А. Доспехов,1985).

По данным анализа для получения урожая 4,0 т/га потребовалось 100 кг/га мочевины при основной обработке почвы, 30 кг во время посева, 100 кг/га аммиачной селитры весной в подкормку, 103 кг/га двойного гранулированного суперфосфата под пахоту.

Для достижения планируемого урожая 5,0 т/га дозы удобрений увеличены: 150 кг/га мочевины под пахоту, 50 кг – при посеве, 100 кг аммиачной селитры весной в подкормку и 162 кг/га двойного гранулированного суперфосфата под пахоту.

Для получения урожая 6,0 т/га внесены следующие объемы удобрений: 220 кг/га мочевины, 50 – при посеве, 100 аммиачной селитры весной, 220 кг/га двойного гранулированного суперфосфата под пахоту.

Калийных удобрений не вносили в связи с высоким (30-60 мг/100 г почвы) его содержанием в почве.

Полупаровую систему обработки почвы проводили с предварительным проведением влагозарядкового полива (1200-1500 м^3/га) в августе в связи с зональными рекомендациями, а вегетационные поливы проводили в фазах выхода в трубку и колошения нормой 700-800 м^3/га [2,18].

Таблица 1 - Схема двухфакторного полевого опыта (5х3), 2021…2024 гг.

Сорт (фактор А)	Норма удобрений на планируемый урожай, кг/га (фактор В)		
	4,0 т/га	5,0 т/га	6,0 т/га
1. Еланчик, контроль	$N_{96}P_{66}$	$N_{138}P_{91}$	$N_{180}P_{117}$
2. Классика	$N_{96}P_{66}$	$N_{138}P_{91}$	$N_{180}P_{117}$
3. Тимирязевка 150	$N_{96}P_{66}$	$N_{138}P_{91}$	$N_{180}P_{117}$
4. Стиль 18	$N_{96}P_{66}$	$N_{138}P_{91}$	$N_{180}P_{117}$
5. Бумба	$N_{96}P_{66}$	$N_{138}P_{91}$	$N_{180}P_{117}$

Площадь делянки -112,5 м^2 (7,5 м х15 м), учетной – 100,8 м^2 (7,2 м х 14 м). Повторность – четырехкратная.

Учет количества сорняков и определение их видового состава проводились количественно-весовым методом на закрепленных участках площадью 0,25 м^2, перед гербицидной обработкой весной и перед уборкой урожая. Урожайность определялась методом сплошного комбайнирования. Статистическая обработка урожайных данных проводилась методом дисперсионного анализа с использованием ПК [17], фотосинтетическую деятельность по Ничипоровичу [20].

Результаты и их обсуждение. Исследования показали, что плотность сложения пахотного слоя почвы (0 – 0,2 м) перед посевом озимой пшеницы составила 1,07 т/м^3, в фазе кущения – 1,12 т/м^3, а в фазе полной спелости зерна плотность сложения увеличилась до 1,28 т/м^3.

Пористость пахотного слоя (0 – 0,2 м) перед посевом озимой пшеницы составила в среднем 59,6%, в фазе кущения -57,5, а в фазе полной спелости зерна – 51,7%, т.е. она снизилась на 5,8% по сравнению с ее содержанием в фазе кущения, так как плотность сложения за этот же период увеличилась с 1,12 до 1,28 т/м^3, т.е. на 0,16 т/м^3 [5,6,7,8].

Влажность почвы перед посевом сортов озимой пшеницы не зависела от норм минеральных удобрений, поэтому она дана в динамике по фазам роста и развития растений (табл. 2).

Таблица 2 – Динамика влажности почвы в слое 0 – 0,6 м, в % от массы абсолютно сухой почвы, 2021-2024 гг., %.

Внесение удобрений на планируемый уровень урожайности, т/га	Срок определения:								
	перед посевом			фаза кущения			полная спелость		
	0-10 см	10-20 см	20-60 см	0-10 см	10-20 см	20-60 см	0-10 см	10-20 см	20-60 см
4,0	21,8	22,6	23,4	23,5	23,7	23,8	18,2	18,3	18,4
5,0	22,1	22,7	23,5	23,6	23,7	23,8	18,2	18,4	18,4
6,0	22,4	23,1	24,1	23,9	23,9	24,1	18,3	19,0	18,7

Исследования показали, что влажность почвы в слое 0-10 см перед посевом сортов озимой пшеницы при планируемой урожайности 4,0 т/га составила 21,8 % от массы абсолютно сухой почвы, а в слое 10-20 см – 22,6%, в слое 20-60 см она составила 23,4%. Эти показатели соответствовали соответственно – 85,8; 88,9 и 92,0 % НВ. Аналогичные показатели по влажности почвы достигнуты и при планируемой урожайности 5,0 и 6,0 т/га (табл.2).

Важно отметить, что к моменту уборки урожая влажность почвы во всех слоях уменьшилась: 18,2 % в верхнем 0-10 см слое и 18,4 % в слое 20-60 см.

Поливы сортов озимой пшеницы проводили при нижем пороге влажности почвы 70-75 % НВ. Общие показатели суммарного водопотребления сортов озимой пшеницы при внесении расчетных норм минеральных удобрений не имели существенных различий и составили 6160-6240 м^3/га [9, 10, 11, 12].

Наибольшие показатели суммарного водопотребления, в среднем по нормам удобрений, 6240 м^3/га достигнуты по сорту Тимирязевка 150, что на 80 м^3/га больше, чем по сорту Еланчик (контроль). Однако, следует отметить, коэффициенты водопотребления за период вегетации растений существенно отличались (табл. 3).

Таблица 3 – Суммарное водопотребление и коэффициент водопотребления сортов озимой пшеницы в зависимости от норм минеральных удобрений, м^3/га, 2021…2024 гг.

Сорт, фактор А	Норма удобрений на планируемую урожайность, кг/га, фактор В			
	4,0 т/га	5,0 т/га	6,0 т/га	Среднее по сортам
Суммарное водопотребление				
Еланчик, (контроль)	6120	6200	6160	6160
Классика	6120	6180	6240	6180
Тимирязевка 150	6180	6240	6300	6240
Стиль 18	6140	6200	6260	6200
Бумба	6170	6230	6290	6230
Средние по нормам удобрений	6146	6210	6250	
Коэффициент водопотребления				
Еланчик, (контроль)	1362,6	1147,1	996,8	1142,9
Классика	1351,0	1159,5	1036,5	1168,2
Тимирязевка 150	1279,5	1068,5	938,9	1077,7
Стиль 18	1367,5	1143,9	1024,5	1161,0
Бумба	1293,5	1114,5	967,7	1108,5
Средние по нормам удобрений	1330,8	1126,7	1014,8	

Лучший показатель коэффициента водопотребления, в среднем по сорту, 1077,7 достигнут по сорту Тимирязевка 150, что на 65,2 м^3/т зерна израсходовано меньше, чем на контроле (сорт Еланчик). Наименьшее количество воды на прозводство единицы продукции израсходовано по сорту Тимирязевка 150, при внесении расчетной нормы минеральных удобрений $N_{180}P_{117}$ на получение планируемой урожайности 6,0 т/га, где этот показатель составил 938,9, что на 57,9 м^3/т израсходовано меньше на производство единицы продукции, чем на контроле (сорт Еланчик) (табл. 3).

Наши исследования показали, что при внесении высоких норм минеральных удобрений $N_{180}P_{117}$ увеличилось и содержание нитратов в почве и при запланированной урожайности 6,0 т/га в фазе кущения их содержалось 50,6 мг/кг почвы. В вазе выхода растений озимой пшеницы в трубку количество нитратов увеличилось на 18,2 %. Содержание фосфатов в этой же фазы роста и развития растений озимой пшеницы увеличилось по сравнением с их содержанием в фазе кущения на 5,6 % [13, 14, 15, 21].

Максимальная урожайность зерна 6,71 т/га достигнута по сорту Тимирязевка 150 при внесении расчетной нормы минеральных удобрений $N_{180}P_{117}$ на получение программированной урожайности 6,0 т/га, что на 0,53 т/га больше, чем на контроле (сорт Еланчик) (табл. 4).

Таблица 4 – Урожайность сортов озимой пшеницы в зависимости уровня минерального питания, т/га, 2022 - 2024 гг.

Сорт (фактор А)	Норма удобрений под планируемую урожайность (фактор В)												
	$N_{96}P_{66}$				$N_{138}P_{91}$				$N_{180}P_{117}$				
	2022	2023	2024	сред	2022	2023	2024	сред	2022	2023	2024	сред	сред по сорту
Еланчик, (контроль)	4,66	4,24	4,76	4,55	5,52	5,14	5,66	5,44	6,34	5,72	6,48	6,18	5,39
Классика	4,56	4,32	4,72	4,53	5,38	5,12	5,48	5,33	6,11	5,64	6,32	6,02	5,29
Тимир. 150	4,68	4,44	5,37	4,83	5,64	5,41	6,46	5,84	6,56	6,32	7,26	6,71	5,79
Стиль 18	4,54	4,30	4,62	4,49	5,43	5,24	5,58	5,42	6,18	5,86	6,28	6,11	5,34
Бумба	4,72	4,50	5,10	4,77	5,56	5,38	5,82	5,59	6,47	6,28	6,76	6,50	5,62
	4,63	4,36	4,91	4,63	5,51	5,26	5,80	5,52	6,33	5,96	6,62	6,30	
НСР $_{05}$	0,18	0,16	0,18		0,20	0,18	0,21		0,22	0,19	0,22		
$НСР_{05}$	0,22	0,20	0,18		0,24	0,22	0,24		0,25	0,23	0,26		

Наши исследования показали, что лучшие показатели урожайности зерна выявлены у сорта Тимирязека 150 при внесении высокой нормы минеральных удобрений $N_{180}P_{117}$ для получения планируемой урожайности 6,0 т/га Наибольший урожай зерна – 7,26 т/га достигнут по сорту Тимирязевка 150 в 2024г. в варианте внесения расчетной нормы минеральных удобрений $N_{180}P_{117}$, что значительно больше, чем по другим сортам [16, 17, 18, 22].

В среднем по номе удобрений – 6,30 т/га получен при внесении высокой нормы минеральных удобрений $N_{180}P_{117}$, что на 26,5 % больше, чем при внесении $N_{96}P_{66}$ и на 12,4 % больше, чем при внесении $N_{138}P_{91}$.

Результаты экономического анализа показывают, что наибольший чистый доход из изучаемых сортов озимой мягкой пшеницы получен по сорту Тимирязевка 150 при внесении расчетной нормы минеральных удобрений $N_{180}P_{117}$ на получение планируемой урожайности 6,0 т/га, где этот показатель составил 35,6 тыс. руб. на 1 га, при рентабельности производства 113,0 % (табл. 5).

Таблица 5 – Экономическая эффективность возделывания сортов озимой пшеницы при различных уровнях минерального питания, тыс. руб./га, 2022-2024 гг.

Сорт	Норма удобрений, кг/га	Затраты	Стоимость продукции	Чистый доход	Уровень рентабельности,%
Еланчик, (контроль)	$N_{96}P_{66}$	25,5	45,5	20,0	78,4
	$N_{138}P_{91}$	28,5	54,4	25,9	90,9
	$N_{180}P_{117}$	31,5	61,8	30,3	95,5
Классика	$N_{96}P_{66}$	25,5	45,3	19,8	77,6
	$N_{138}P_{91}$	28,5	53,3	24,8	87,0
	$N_{180}P_{117}$	31,5	60,2	28,7	91,1
Тимирязевка 150	$N_{96}P_{66}$	25,5	48,3	22,8	89,4
	$N_{138}P_{91}$	28,5	58,4	29,9	104,9
	$N_{180}P_{117}$	31,5	67,1	35,6	113,0
Стиль 18	$N_{96}P_{66}$)	25,5	44,9	19,4	76,1
	$N_{138}P_{91}$	28,5	54,2	25,7	90,2
	$N_{180}P_{117}$	31,5	61,1	29,6	94,0
Бумба	$N_{96}P_{66}$	25,5	47,7	22,2	87,0
	$N_{138}P_{91}$	28,5	55,9	27,4	96,1
	$N_{180}P_{117}$	31,5	65,0	33,5	106,3

Следует отметить, что при внесении расчетных норм минеральных удоб-рений $N_{96}P_{66}$ и $N_{138}P_{91}$, показатели экономической эффективности снижались. [19, 23].

Выводы

1. Лучшие показатели полевой всхожести семян - 80,0 и 80,2%, густоты стояния растений – 400 и 401 шт./м^2 обеспечили сорта озимой мягкой пшеницы Тимирязевка 150 и Бумба при внесении расчетной нормы минеральных удобрений $N_{180}P_{117}$ на получение планируемой урожайности 6,0 т/га, что соответственно на 23 и 25 шт./м^2 и 2,3 и 2,5% больше, чем на контроле (сорт Еланчик).

2. Наиболее эффективное использование поступившей на поле воды отмечено по сортам Тимирязевка 150 и Бумба в варианте внесения повышенной нормы минеральных удобрений на получение планируемой урожайности 6,0 т/га, где на производство 1 т зерна расходовалось соответственно 938,9 и 967,7 м^3 воды, при расходе на контрольном варианте на производство 1 т зерна (сорт Еланчик) - 1106,2 м^3 воды, что соответственно в 1,18 и 1,14 раза больше, чем по сортам Тимирязевка 150 и Бумба.

3. Максимальное количество нитратов - 59,8 мг/кг почвы отмечено в фазе выхода растений в трубку сортов озимой пшеницы при внесении расчетной нормы минеральных удобрений $N_{180}P_{117}$, на получение планируемой урожайности 6,0 т/га.

4. Наибольшее количество фосфатов 37,5 мг/кг почвы, в среднем по нормам удобрений, отмечено в фазе выхода растений озимой пшеницы в трубку, а в фазе колошения количество фосфатов уменьшилось на 10,1 %, чем в фазе выхода растений в трубку.

5. Высокие показатели площади листовой поверхности – 44,2 и 43,7 тыс. м^2/га, фотосинтетического потенциала посевов – 2,47 и 2,45 млн. м^2/га. дней, накоплению сухой органической массы -100,2 и 96,6 ц/га и чистой продуктивности фотосинтеза – 4,4 и 4,3 г/м^2. сутки, в среднем за 2022…2024 гг., достигнуты по сортам Тимирязевка 150 и Бумба в варианте внесения повышенной нормы минеральных удобрений $N_{180}P_{117}$, на получение планируемой урожайности 6,0 т/га. При внесении минеральных удобрений в нормах $N_{138}P_{91}$ и $N_{96}P_{66}$ показатели фотосинтетической деятельности посевов по всем изучаемым сортам были ниже.

6. Высокая урожайность – 6,71 т/га, в среднем за 2022…2024 гг., достигнута по сорту Тимирязевка 150 в варианте внесения расчетной нормы минеральных удобрений $N_{180}P_{117}$ на получение планируемой урожайности 6,0 т/га, что на 7,9 % больше, чем на контроле (сорт Еланчик), на 9,0% больше

7. Наибольший чистый доход 35,6 тыс. руб./га при рентабельности производства 113,0 % достигнут при внесении повышенной нормы минеральных удобрений $N_{180}P_{117}$ на получение программированной урожайности 6,0 т/га.

Список литературы

1. Алабушев А.В., Ионова Е.В., Лиховидова В.А., Газе В.Л. Оценка засухоустойчивости озимой пшеницы мягкой в условиях модельной засухи // Земледелие, 2019.- №.- №.- С. 35-37.

2. Амиров С.А., Пулатов З.Ф. Региональная модель адаптивно-ландшафтной системы земледелия / Махачкала. : ИД «Эпоха».- 2010.- 368 с.

3. Беспалова Л.А., Романеко А.А., Кудряшов И.Н. и др. // Краснодар: ЭДВИ, 2020.- 176 с.

4. Борин А.А., Лощинина А.Е. Зависимость урожайности зерновых культур от приемов агротехники // Владимирский земледелец, 2015.- № 2(72).- С. 2-5.

5. Булавинцев Р.А., Головин С.И., Полохин А.М. и др. Исследования эффективности проведения подкормки озимой пшеницы // Вестник Курской госу-дарственной сельскохозяйственной академии, 2022.- № 2.- С. 50-57.

6. Воронов С.И., Плескачев Ю.Н., Ильяшенко П.В. Основы производства высококачественного зерна озимой пшеницы // Плодородие.- 2020.- № 2(113).- С. 64-66.

7. Галушко Н.А., Соколенко Н.И., Батагова Е.А. Адаптивные особенности новых сортов мягкой озимой пшеницы селекции ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ // Земледелие, 2023.- №6.- С. 41-44.

8. Гончаренко А.А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур // Вестник РАСХН.- 2005.- № 6.- С. 49-53.

9. Глазунова Н.Н., Шутков А.П., Безгина Ю.А. и др., Система защиты озимой пшеницы от вредителей и болезней на юге России // Методичекие рекомендации. Ставрополь.- СЕКВОИЯ.- 2018.- 97 с.

10. Горянин О.И. Влияние климата и погодных условий на урожайность зерновых культур в засушливых условиях Поволжья // Земледелие, 2024.- № 4.- С. 19-23.

11. Горянин О.И., Джангабаев Б.Ж., Щербинина Е.В. и др., Оптимизация технологических операций при возделывании полевых культур в засушливых условиях Поволжья // Российская сельскохозяйственная наука, 2023.- № 5.- С. 34-38.

12. Грабовец А.И., Фоменко М.А. Озимая пшеница. Ростов –на-Дону. Издательство Юг.- 2007.- 534 с.

13. Грабовец А.И., Зинченко В.Е., Бирюков К.Н. и др. Технология возделывания озимой пшеницы и тритикале на Дону в условиях нарастания засух //

Ростов-на-Дону: изд. «Юг», 2015.- 140 с.

14. Грабовец А.И., Бирюков К.Н. Роль некоторых подкормок при возделывании озимой пшеницы и тритикале в условиях засухи // Земледелие, 2018.- № 7.- С. 36-39.

15. Гуреев И.И., Гостев А.В., Нитченко И.Б. и др. Продуктивность севооборотов в зависимости от доз удобрений на различных элементах рельефа Центрально-Черноземного региона // Земледелие, 2024.- № 1.- №

1.- С. 4-9.

16. Демина О.Н., Еремин Д.И. Влияние минеральных удобрений на нитрификацию чернозема выщелоченного в Лесостепи Зауралья // Плодородие, 2021.- № 1(118).- С. 16-20.

17. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. :М., Агропромиздат.-1985.-350 с.

18. Магомедов Н.Р., Магомедова Д.С. и др. Адаптивная технология возделывания новых высокоурожайных сортов озимой пшеницы в Дагестане // Проблемы развития АПК региона, 2016-№ 4 (28). – С. 8-21.

19. Малкандуев Х.А., Тубукова Д.А. Урожайность и качество зерна новых сортов озимой пшеницы в зависимости от агротехники// Земледелие, 2011. -№ 4.– С. 45-46.

20. Ничипорович А.А. Фотосинтетический деятельность растений в посевах, М: 1961.- 131с.

21. Anderson R.L, Diversity and no-till kays for pest management inthe. U.S.

0eat Plains // Weed Science 2008, Vol. 56, P. 141-145.

22. Neve P. Barney I.N. Reviewing research priorities in weed ecology evolution and management: ot horizon Scan // Weed Reslarch, 2018.- № 58(4), Pp.250-258.

23. Rehabilitation of soil properties by using direct seeding technology / V.K. Dri-diger, A.L. Ivanov, V.P. Belodrov et al // Evrosian Soil Scilnce, 2020, Vol: 53, №.- 9p.

Referense

1. Alabushev A.V., Ionova E.V., Likhovidova V.A., Gaze V.L. Assessment of drought resistance of soft winter wheat in conditions of model drought // Agriculture, 2019.- №.- №.- Pp. 35-37.

2. Amirov S.A., Pulatov Z.F. Regional model of adaptive landscape farming system / Makhachkala. : Publishing house "Epoch".- 2010.- 368 p.

3. Bespalova L.A., Romaneko A.A., Kudryashov I.N. et al. // Krasnodar: EDVI, 2020.- 176 p

4. Borin A.A., Loshinina A.E. Dependence of grain yield on agricultural techniques // Vladimirsky husbandman, 2015.- № 2(72).- P. 2-5.

5. Bulavintsev R.A., Golovin S.I., Polokhin A.M. et al. Studies of the effectiveness of winter wheat fertilization // Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy, 2022, No. 2, pp. 50-57.

6. Voronov S.I., Pleskachev Yu.N., Ilyashenko P.V. Fundamentals of high-quality winter wheat grain production // Fertility.- 2020.- № 2(113).- Pp. 64-66.

7. Galushko N.A., Sokolenko N.I., Batagova E.A. Adaptive features of new varieties of soft winter wheat of the North Caucasus Federal National Research University // Agriculture, 2023.- No. 6.- pp. 41-44.

8. Goncharenko A.A. On the adaptability and environmental sustainability of grain varieties // Bulletin of the Russian Academy of Agricultural Sciences. 2005. No. 6. pp. 49-53.

9. Glazunova N.N., Shutkov A.P., Bezgina Yu.A. and others, The system of protection of winter wheat from pests and diseases in the south of Russia // Methodological recommendations. Stavropol.- SEQUOIA.- 2018.- 97 p.

10. Goryanin O.I. The influence of climate and weather conditions on grain yields in the arid conditions of the Volga region // Agriculture, 2024.- No. 4.- pp. 19-23.

11. Goryanin O.I., Dzhangabaev B.Zh., Shcherbinina E.V. et al., Optimization of technological operations in the cultivation of field crops in the arid conditions of the Volga region // Russian Agricultural Science, 2023. No. 5. pp. 34-38.

12. Grabovets A.I., Fomenko M.A. Winter wheat. Rostov-on-Don. Yug Publishing House.- 2007.- 534 p.

13. Grabovets A.I., Zinchenko V.E., Biryukov K.N. and others. Technology of cultivation of winter wheat and triticale on the Don in conditions of increasing droughts //

Rostov-on-Don: publishing house "South", 2015. 140 p.

14. Grabovets A.I., Biryukov K.N. The role of certain top dressing in the cultivation of winter wheat and triticale in conditions of drought // Agriculture, 2018.- No. 7.- pp. 36-39.

15. Gureev I.I., Gostev A.V., Nitchenko I.B. et al. Crop rotation productivity depending on fertilizer doses on various relief elements of the Central Chernozem region // Agriculture, 2024.- № 1.- № 1.- Pp. 4-9.

16. Demina O.N., Eremin D.I. The effect of mineral fertilizers on the nitrification of leached chernozem in the Forest-steppe of the Trans-Urals // Fertility, 2021.- № 1(118).- Pp. 16-20.

17. Dospekhov B.A. Methodology of field experience. :M., Agropromizdat.-1985.-350 p.

18. Magomedov N.R., Magomedova D.S. and others. Adaptive technology of cultivation of new high-yielding varieties of winter wheat in Dagestan // Problems of development of the agro-industrial complex of the region, 2016-№ 4 (28). – Pp. 8-21.

19. Malkanduev Kh.A., Tubukova D.A. Yield and grain quality of new varieties of winter wheat depending on agricultural technology// Agriculture, 2011. -No. 4.– Pp. 45-46.

20. Nichiporovich A.A. Photosynthetic activity of plants in crops, Moscow: 1961.- 131c.

21. Anderson R.L, Diversity and no-till kays for pest management inthe. U.S.

0eat Plains // Weed Science 2008, Vol. 56, P. 141-145.

22. Neve P. Barney I.N. Reviewing research priorities in weed ecology evolution and management: ot horizon Scan // Weed Reslarch, 2018.- № 58(4), Pp.250-258.

23. Rehabilitation of soil properties by using direct seeding technology / V.K. Dri-diger, A.L. Ivanov, V.P. Belodrov et al // Evrosian Soil Scilnce, 2020, Vol: 53, №.- 9p.

10.52671/26867591_2026_1_80
УДК 633.11: 631.84

ВЛИЯНИЕ НОРМ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ПЕРСПЕКТИВНЫХ СОРТОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ ОРОШЕНИЯ ТЕРСКО-СУЛАКСКОЙ НИЗМЕННОСТИ

КУРБАНОВ С.А. [1], д-р с.-х. наук, профессор
МАГОМЕДОВ Н. Н. [2], старший научный сотрудник
[1]ФГБОУ ВО Дагестанский ГАУ, г. Махачкала
[2]ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Республики Дагестан» г. Махачкала

THE EFFECT OF MINERAL FERTILIZER STANDARDS ON THE PRODUCTIVITY OF PROMISING WINTER WHEAT VARIETIES UNDER IRRIGATION CONDITIONS IN THE TERSKO-SULAK LOWLAND

KURBANOV S. A. [1], Doctor of Agricultural Sciences, Professor
MAGOMEDOV N. N. [2], Senior Researcher
[1]Dagestan State Agrarian University, Makhachkala
[2]Federal State Budgetary Budgetary Institution "Federal Agrarian Scientific Center of the Republic of Dagestan"g. Makhachkala

Аннотация. Исследования по изучению эффективности выращивания, перспективных сортов озимой пшеницы, новых для Республики Дагестан, проводились с 2021 по 2024 годы. в опытной станции имени Кирова – филиал ФГБНУ «ФАНЦ РД» Задача исследования – изучить новые сорта озимой пшеницы на продуктивность в условиях орошения на лугово-каштановой тяжелосуглинистой почве, селекции «НЦЗ имени Лукьяненко»: Классика, Тимирязевка 150, Стиль 18, Бумба, Еланчик, на планируемый уровень урожайности при внесении разных норм минеральных удобрений. Проведенные исследования по запланированной урожайности зерна 4,0; 5,0 и 6,0 т/га по расчетным нормам удобрений ($N_{96}P_{66;}$ $N_{138}P_{91}$ и $N_{180}P_{117}$) достигнуты на всех опытных участках по всем изучаемым сортам. Повышенную урожайность зерна в среднем за три года, показал сорт Тимирязевка 150 с показателем 5,79 т/га, соответственно по показателям расчетных норм удобрений на 4,0; 5,0 и 6,0 т/га, соответствовала урожайность зерна 4,83; 5,84 и 6,71 т/га. Превышение на запланированный урожай на 4,0 т/га составляло 20,7%, на 5,0 т/га -16,8%, 6,0 т/га - 11,8%. Ближе всего по урожайности к сорту Тимирязевка 150 показатели у сорта Бумба, с урожайностью соответственно, 4,77; 5,59; 6,50 т/га. Урожайность зерна по расчетным дозам удобрений по сортам Классика (5,29 т/га), Стиль 18 (5,34 т/га), Еланчик (5,39 т/га).

Ключевые слова: почва, сорта, продуктивность, минеральные удобрения, норма, урожайность, экономическая эффективность.

Annotation. *Studies on the effectiveness of growing promising winter wheat varieties new to the Republic of Dagestan were conducted from 2021 to 2024 at the Kirov Experimental Station– a branch of the FANC RD Federal State Budgetary Scientific Institution. The purpose of the study is to study new varieties of winter wheat for productivity under irrigation conditions on meadow–chestnut heavy loamy soil, selected by the Lukyanenko National Research Center: Classic, Timiryazevka 150, Style 18, Bumba, Elanchik, for the planned yield level when applying different rates of mineral fertilizers. The conducted studies on planned grain yields of 4.0, 5.0 and 6.0 t/ha according to calculated fertilizer standards (N96P66; N138P91 and N180P117) were achieved in all experimental plots for all studied varieties. The increased grain yield over an average of three years was shown by the Timiryazevka 150 variety with an index of 5.79 t/ha, respectively, according to the calculated fertilizer rates of 4.0; 5.0 and 6.0 t/ha, grain yields of 4.83; 5.84 and 6.71 t/ha corresponded. The excess of the planned yield by 4.0 t/ha was 20.7%, by 5.0 t/ha -16.8%, 6.0 t/ha - 11.8%. The Bumba variety has the closest yields to the Timiryazevka 150 variety, with yields of 4.77; 5.59; 6.50 t/ha, respectively. Grain yields according to calculated fertilizer doses for Classic (5.29 t/ha), Style 18 (5.34 t/ha), and Elanchik (5.39 t/ha) varieties.*

Keywords: *soil, varieties, productivity, mineral fertilizers, norm, yield, economic efficiency.*

Введение. Озимая пшеница основная продовольственная культура на юге России, которая занимает лучшие орошаемые земли в Терско-Сулакской подпровинции Дагестана. Урожайность и качество зерна озимой пшеницы, занимающей важное место в зерновом балансе Северного Кавказа, во многом определяется почвенно-климатическими условиями ее возделывания.

В настоящее время при изменившихся климатических условиях в сторону потепления и

внедрении в производство новых интенсивных сортов озимой пшеницы необходимо изучение потребностей растений в минеральном питании, поскольку новые сорта интенсивного типа больше потребляют из почвы питательные вещества, чем сорта, которые ранее использовались в производстве. Площади посевов, занимаемые культурой, охватывают широкий спектр климатических условий с выраженной региональной спецификой. Использование новых сортов озимой пшеницы позволяет лучше использовать биоклиматический потенциал урожайности, особенно это важно в засушливых районах юга России [4,5,6,7,8].

Цель данного исследования комплексная оценка влияния внесения различных доз минеральных удобрений на планируемую урожайность и продуктивность новых для нашего региона сортов озимой пшеницы в условиях орошаемого земледелия.

На лугово-каштановой тяжелосуглинистой почве опытной станции имени Кирова – филиал ФГБНУ «ФАНЦ РД» в условиях орошения изучалась продуктивность, новых для Республики Дагестан, пяти перспективных сортов озимой пшеницы селекции «НЦЗ имени П.П. Лукьяненко», в зависимости от норм минеральных удобрений, рассчитанных на получение планируемых уровней урожайности.

Новизна проведенной работы заключается в том, что впервые научно обоснована и экспериментально подтверждена эффективность выращивания новых перспективных сортов озимых мягкой и твердой пшениц при внесении расчетных норм минеральных и органоминеральных удобрений на планируемый уровень урожайности (т/га) в условиях Терско-Сулакской низменности при орошении. В рамках исследования планировалось изучить влияние различных схем минерального питания, различающихся по дозам азотных, фосфорных удобрений, на морфологические и физиологические параметры растений.

Методика. Агротехнические методы, использованные в экспериментальных исследованиях, соответствовали рекомендациям для данной зоны. По данным анализа, содержание гумуса составило 2,5% по Тюрину, общий азот – 0,21%, подвижный фосфор по Мачигину – 16,0 мг/кг, обменный калий по Протасову – 380 мг/кг, pH равен 7,2, а плотность пахотного слоя – 1,28 г/см3. Эксперименты проводились в соответствии с общепринятыми методами, а результаты анализировались статистически с использованием дисперсионного анализа [9].

На планируемый уровень урожайности 4,0 т/га внесено мочевины под пахоту 100 кг/га, при посеве с семенами 30,0 кг/га, ранневесенняя подкормка аммиачной селитрой 100,0 кг/га; двойного гранулированного суперфосфата под пахоту - 103,0 кг/га; содержание обменного калия высокое и необходи-

мости в дополнительном внесении нет [10].

На планируемый уровень урожайности 5,0 т/га, требуется внести мочевины, под пахоту 150,0 кг/га, с семенами при посеве 50,0 кг/га, весной в подкормку аммиачной селитры 100,0 кг/га; двойного гранулированного суперфосфата под пахоту - 162,0 кг/га.

На планируемый уровень урожайности 6,0 т/га, требуется внести мочевины под пахоту 220 кг/га, с семенами при посеве - 50,0 кг/га, весной в подкормку аммиачную селитру, 100,0 кг/га; гранулированного двойного суперфосфата под пахоту - 220,0 кг/га [11].

Обработка почвы осуществлялась по полупаровой системе с проведением предпосевного влагозарядкового полива нормой 1200-1500 $м^3$/га, согласно зональным рекомендациям в августе. Вегетационные поливы выполнялись на стадии выхода растений в трубку и начала колошения, с расчетом 700-800 $м^3$/га, при нижнем пределе влажности почвы в слое 0-60 см на уровне 70-75% НВ.

Учеты и наблюдения на опытном участке проводились в соответствии с существующими методиками: влажность почвы – термостатно-весовым методом в активном слое почвы (0-0,60 м) послойно через каждые 0,10 м; структурно-агрегатный состав пахотного слоя – по Н.И. Саввинову, плотность почвы – по Н.А. Качинскому; содержание нитратного азота – дисульфофенолевым методом по Грандваль-Ляжу, подвижного фосфора – по Б.П. Мачигину, обменного калия – по Протасову.

Подготовку почвы и внесение удобрений проводили в соответствии с методикой исследований, уход за посевами и уборку урожая – в соответствии с существующими в зоне рекомендациями.

Эксперимент был организован с тремя повторениями, расположение площадок были выбраны систематически.

Результаты исследований. В ходе проведенных исследований было установлено, что использование расчетных норм минеральных удобрений способствует увеличению числа продуктивных стеблей на единице площади. Наилучшие результаты полевой всхожести семян - 80,2 % и плотности стояния растений - 401 шт./$м^2$ были получены у сорта Бумба при внесении нормы $N_{180}P_{117}$ для достижения запланированной урожайности 6,0 т/га. Почти такие же результаты полевой всхожести семян, составившие 79,9 % и 79,7 %, а также плотности стояния растений - 400 и 398 шт./$м^2$, были зафиксированы по сортам Тимирязевка 150 и Классика при аналогичных условиях (табл.1).

Влияние расчетных доз минеральных удобрений на содержание ключевых питательных веществ в почве было значительным. Наибольшее количество нитратов — 50,6 мг/кг почвы было зафиксировано при применении увеличенной дозы удобрений $N_{180}P_{117}$, что соответствовало ожидаемой урожайности на уровне 6,0 т/га. На стадии, когда растения начинали выходить в трубку, количество нитратов в почве возросло во всех вариантах эксперимента, в среднем на 14,2–18,2%.

Таблица 1 - Полевая всхожесть семян и густота стояния растений сортов озимой пшеницы, (2022–2024 гг.)

Сорт	Планир. урож. т/га	Полевая всхожесть семян %				Густота стояния растений шт./м²			
		2022г.	2023 г.	2024г.	среднее	2022 г.	2023 г.	2024 г.	среднее
Классика	4,0	78,6	76,4	78,6	77,9	393	382	393	389
	5,0	79,4	7,5	79,8	78,9	397	387	399	394
	6,0	80,3	78,1	80,6	79,7	402	390	403	398
Тимирязевка 150	4,0	79,3	77,2	80,2	78,9	397	386	401	395
	5,0	80,2	78,1	80,8	79,7	401	390	404	398
	6,0	80,4	78,2	81,2	79,9	402	391	406	400
Стиль 18	4,0	78,4	76,3	78,6	77,8	392	381	393	390
	5,0	79,2	77,4	79,4	78,7	396	387	397	393
	6,0	79,6	77,3	79,8	78,9	398	386	399	394
Бумба	4,0	79,4	77,2	80,4	79,0	397	386	402	395
	5,0	80,2	78,4	80,8	79,8	401	392	404	399
	6,0	80,6	78,4	81,6	80,2	403	392	408	401
Еланчик	4,0	78,3	76,5	78,2	77,7	392	382	391	388
	5,0	78,6	76,8	78,4	77,9	394	384	392	390
	6,0	79,7	77,3	79,6	78,9	399	386	398	394

При анализе уровня нитратов на этапе колошения было зафиксировано их значительное уменьшение, и этот процесс продолжался до полного созревания зерна. Это явление можно объяснить выравниванием запасов влаги в верхних слоях почвы и более высоким поглощением азота со стороны хорошо развитых орошаемых посевов пшеницы [11,12, 13] (табл.2).

Таблица 2 - Содержание основных питательных веществ в почве при расчетных дозах внесения минеральных удобрений, (2021-2024 гг.)

Фаза развития	Содержание основных веществ, мг/кг почвы	Дозы удобрений д. в., кг/га		
		$N_{96}P_{66}$	$N_{138}P_{91}$	$N_{180}P_{117}$
Кущение	NO_3	31,6	41,8	50,6
	P_2O_5	27,6	32,5	46,4
	K_2O	372	374	374
Выход в трубку	NO_3	37,8	49,6	59,8
	P_2O_5	29,1	34,3	49,0
	K_2O	378	380	380
Колошение	NO_3	29,8	43,4	52,6
	P_2O_5	25,7	28,8	46,6
	K_2O	334	336	336

В ходе наших исследований было установлено, что регулярное использование расчетных доз суперфосфата для достижения запланированных урожаев способствовало увеличению содержания фосфоросодержащих соединений. Наивысшая концентрация фосфатов наблюдалась на этапе выхода озимой пшеницы в трубку, после чего, начиная с фазы колошения и вплоть до сбора урожая, их количество стабильно сокращалось во всех вариантах эксперимента [14,15,16].

Данные исследования продемонстрировали, что максимальное содержание обменного калия, а также нитратов и фосфатов отмечено в фазе, когда растения достигают трубчатого состояния, где эти значения составили 378 – 380 мг/кг почвы. Это объясняется оптимальными температурными условиями и влажностью почвы, которые способствуют активизации микробиологических процессов в почве (табл.2).

Минеральные удобрения существенно воздействовали на фотосинтетическую активность посевов озимой пшеницы. В период 2021-2024 годов высшие результаты по площади листовой поверхности составили 44,2 и 43,4 тыс. м²/га, фотосинтетическому потенциалу – 2,46 и 2,44 млн. м²/га. день, а чистой продуктивности фотосинтеза - 4,4 и 4,3 г/м². сутки. Эти показатели были достигнуты у сортов Тимирязевка 150 и Бумба при применении расчетной дозы минеральных удобрений $N_{180}P_{117}$ для получения запланированного урожая в 6,0 т/га. Наименьшие результаты по фотосинтетической активности наблюдались у сорта Классика, где площадь листовой поверхности составила 36,2 тыс. м²/га, фотосинтетический потенциал - 1,84 млн. м²/га. дни и чистая продуктивность фотосинтеза - 3,6 г/м² сутки, что значительно ниже показателей сортов Тимирязевка 150 и Бумба (табл. 3).

Таблица 3 - Фотосинтетическая деятельность посевов сортов озимой пшеницы в зависимости от норм минеральных удобрений, (2021-2024 гг.)

Сорт	Доза удобрений, д. в., кг/га	Площадь листьев тыс. м^2/га	Потенциал Фотосин. млн. м^2/га. дней	продуктивность фотосинтеза, г/м^2. сутки
Классика	$N_{96}P_{66}$	36,2	1,84	3,6
	$N_{138}P_{91}$	38,0	1,92	4,1
	$N_{180}P_{117}$	40,2	2,02	4,1
Тимирязевка 150	$N_{96}P_{66}$	41,6	2,21	4,2
	$N_{138}P_{91}$	42,4	2,32	4,4
	$N_{180}P_{117}$	44,2	2,47	4,4
Стиль 18	$N_{96}P_{66}$	35,8	1,86	3,6
	$N_{138}P_{91}$	38,2	2,10	3,8
	$N_{180}P_{117}$	40,8	2,38	4,3
Бумба	$N_{96}P_{66}$	41,2	2,16	4,1
	$N_{138}P_{91}$	42,0	2,28	4,3
	$N_{180}P_{117}$	43,7	2,45	4,3
Еланчик (контроль)	$N_{96}P_{66}$	35,6	1,78	3,5
	$N_{138}P_{91}$	37,8	1,90	3,8
	$N_{180}P_{117}$	39,8	2,00	4,1

На посевах озимой пшеницы преимущественно встречались однолетние двудольные сорняки, такие как марь белая, горчица полевая, ярутка полевая, пастушья сумка, дикая редька, сурепка и другие, которые наносят существенный урон сельскохозяйственному производству. Для борьбы с этими двудольными сорняками, включая устойчивые к 2,4-Д, использовали гербициды Линтур в дозе 0,18 кг/га или Ковбой в объеме 0,2 л/га. Чтобы контролировать злаковые сорняки (овсюг, куриное просо, щетинник, мятлица), применялся гербицид Пума Супер в дозе 0,8 кг/га.

Исследования выявили, что влажность почвы в верхнем слое (0-10 см) перед посевом сортов озимой пшеницы составляла 21,8% от массы абсолютно сухой почвы, тогда как в слое 10-20 см этот показатель был выше — 22,6%. Наибольшая влажность наблюдалась в слоях 20-60 см, достигая 23,4%. В процессе измерения влажности почвы во время кущения, было выявлено, что уровень влаги почвы оказался выше: в слое 0-10 см составил 23,7%, в слое 10-20 см – 23,8%, а в слое 20-60 см – 23,2%. Увеличение влажности в этих слоях произошло благодаря осадкам, выпавшим осенью и зимой, а также отсутствию испарения с почвы в этот период вегетации растений. Важно отметить, что к моменту сбора урожая влажность почвы во всех слоях уменьшилась: 18,2% в верхнем слое (0-10 см) и 18,4% в слое 20-60 см. Поливы сортов озимой пшеницы осуществлялись при нижнем значении влажности в слое 0,6 м, равном 70-75 % НВ. Общее водопотребление изучаемых сортов озимой пшеницы при заданных дозах минеральных удобрений не имело значительных различий и составило 6120…6300 м3/га, однако коэффициенты водопотребления варьировались (табл. 4).

Таблица 4 - Коэффициенты водопотребления сортов озимой пшеницы в зависимости от доз минеральных удобрений, (2022–2024 гг.)

Сорт	Доза удобрений,	Суммарное водопотребление, м^3/га	Урожайность зерна, т/га	Коэффициент водопотребления
Классика	$N_{96}P_{66}$	6120	4,53	1351,0
	$N_{138}P_{91}$	6180	5,33	1159,5
	$N_{180}P_{117}$	6240	6,02	1036,5
Тимирязевка 150	$N_{96}P_{66}$	6180	4,83	1279,5
	$N_{138}P_{91}$	6240	5,84	1068,5
	$N_{180}P_{117}$	6300	6,71	938,9
Стиль 18	$N_{96}P_{66}$	6140	4,49	1367,5
	$N_{138}P_{91}$	6200	5,42	1143,9
	$N_{180}P_{117}$	6260	6,11	1024,5
Бумба	$N_{96}P_{66}$	6170	4,77	1293,5
	$N_{138}P_{91}$	6230	5,59	1114,5
	$N_{180}P_{117}$	6290	6,50	967,7
Еланчик (контроль)	$N_{96}P_{66}$	6140	4,55	1362,6
	$N_{138}P_{91}$	6200	5,44	1147,1
	$N_{180}P_{117}$	6260	6,18	1016,2

Исследования показали, что у сорта Бумба наивысшее количество продуктивных стеблей составляет 372 шт/м2 при внесении расчетной дозы минеральных удобрений $N_{180}P_{117}$, что обеспечивает запланированную урожайность в 6 т/га. В этом варианте коэффициент продуктивной кустистости равен 1,77; число зерен на колосе — 36; масса зерен с одного колоса — 1,75 г; абсолютная масса зерен (масса 1000 зерен) составляет 47,2 г. Подобные результаты по структуре урожая также зафиксированы у сорта Тимирязевка 150 при использовании той же дозы удобрений $N_{180}P_{117}$ для достижения планируемой урожайности 6,0 т/га, где соответствующие показатели составили: 1,27; 36; 1,81; 48,0 г (табл.5).

Таблица 5 - Элементы структуры урожая сортов озимой пшеницы в зависимости от уровня минерального питания, (2022–2024 гг.)

Сорт	Доза удобрений	Количество стеб. шт/м^2		Коэффициент кустистости стеблей		Количество зерен в колосе,	Масса зерна с 1 колоса г.	Масса 1000 зерен, г.
		Общ	Продуктивных	Общ.	Продуктивных			
Классика	$N_{96}P_{66}$	389	353	1,37	1,32	32	1,28	39,4
	$N_{138}P_{91}$	394	363	1,46	1,45	34	1,47	42,9
	$N_{180}P_{117}$	398	365	1,50	1,48	36	1,65	45,0
Тимирязевка 150	$N_{96}P_{66}$	395	366	1,24	1,20	32	1,32	39,1
	$N_{138}P_{91}$	398	367	1,24	1,21	34	1,59	44,4
	$N_{180}P_{117}$	400	371	1,30	1,27	36	1,81	48,0
Стиль 18	$N_{96}P_{66}$	390	351	1,71	1,70	32	1,28	39,7
	$N_{138}P_{91}$	393	365	1,63	1,60	34	1,49	43,2
	$N_{180}P_{117}$	394	366	1,73	1,64	36	1,67	45,8
Бумба	$N_{96}P_{66}$	395	368	2,00	1,77	34	1,30	37,3
	$N_{138}P_{91}$	399	370	1,81	1,80	36	1,51	41,4
	$N_{180}P_{117}$	401	372	1,79	1,77	36	1,75	47,2
Еланчик (контроль)	$N_{96}P_{66}$	388	347	1,25	1,25	32	1,31	38,4
	$N_{138}P_{91}$	390	348	1,27	1,27	34	1,61	44,1
	$N_{180}P_{117}$	394	351	1,30	1,30	36	1,76	46,1

Наивысшие показатели урожайности составили 5,79 т/га в среднем по различным дозам удобрений, что обеспечил сорт Тимирязевка 150. Его результаты по урожайности составили 4,83; 5,84 и 6,71 т/га. При расчетах на 4,0 т/га ($N_{96}P_{66}$) наблюдалось снижение урожайности на 20,7%, на 5,0 т/га ($N_{138}P_{91}$) – на 16,8%, а на 6,0 т/га ($N_{180}P_{117}$) – на 11,8%. Сорт Бумба демонстрирует схожие результаты, где урожайность составила 4,77; 5,59 и 6,50 т/га соответственно. Сравнительно низкие значения урожайности были зафиксированы у сортов Классика (5,29 т/га), Стиль 18 (5,34 т/га) и Еланчик (5,39 т/га) (табл. 6).

Таблица 6 - Продуктивность перспективных сортов озимой пшеницы в зависимости от расчетных доз минеральных удобрений, (2022-2024 гг.)

Сорт (фактор А)	Доза удобрений под планируемую урожайность (фактор В)											
	$N_{96}P_{66}$				$N_{138}P_{91}$				$N_{180}P_{117}$			
	2022	2023	2024	сред	2022	2023	2024	сред	2022	2023	2024	сред
Классика	4,56	4,32	4,72	4,53	5,38	5,12	5,48	5,33	6,11	5,64	6,32	6,02
Тимирязевка 150	4,68	4,44	5,37	4,83	5,64	5,41	6,46	5,84	6,56	6,32	7,26	6,71
Стиль 18	4,54	4,30	4,62	4,49	5,43	5,24	5,58	5,42	6,18	5,86	6,28	6,11
Бумба	4,72	4,50	5,10	4,77	5,56	5,38	5,82	5,59	6,47	6,28	6,76	6,50
Еланчик (контроль)	4,66	4,24	4,76	4,55	5,52	5,14	5,66	5,44	6,34	5,72	6,48	6,18
НСР 05	0,18	0,16	0,18		0,20	0,18	0,21		0,22	0,19	0,22	

В результате применения рекомендованных норм минеральных удобрений (N180P117) сорт Тимирязевка 150 продемонстрировал впечатляющие результаты, достигнув чистого дохода в 64,8 тыс. руб. на 1 гектар с уровнем рентабельности производства в 181,0%. Это было достигнуто при условии планируемой урожайности в 6,0 т/га, что видно из таблицы 7.

Таблица 7 - Экономическая эффективность возделывания сортов озимой пшеницы при различных уровнях минерального питания, тыс. руб. / га (2022 -2024 гг.)

Сорт	Доза Удобрений	Урожайность, т/га т/га т/га	Затраты, тыс. руб./га	Стоимость Продукции тыс. руб./га	Чистый доход, тыс. руб/га	Себестоимость 1т тыс. руб.	Рентабельность, %
	$N_{96}P_{66}$						
Классика	$N_{138}P_{91}$	4,53	25,5	67,9	42,4	5,63	166,2
	$N_{180}P_{117}$	5,33	31,5	79,9	48,4	5,91	153,6
		6,02	35,8	90,3	54,5	5,95	152,2
Тимирязевка 150	$N_{96}P_{66}$	4,83	25,5	72,4	46,9	5,28	183,9
	$N_{138}P_{91}$	5,84	31,5	87,6	56,1	5,39	178,1
	$N_{180}P_{117}$	6,71	35,8	100,6	64,8	5,33	181,0
Стиль 18	$N_{96}P_{66}$)	4,49	25,5	67,3	41,8	5,63	163,9
	$N_{138}P_{91}$	5,42	31,5	81,3	49,8	5,81	158,1
	$N_{180}P_{117}$	6,11	35,8	91,6	55,8	5,86	155,9
Бумба	$N_{96}P_{66}$	4,77	25,5	71,5	46,0	5,35	180,4
	$N_{138}P_{91}$	5,59	31,5	83,8	52,3	5,63	166,0
	$N_{180}P_{117}$	6,50	35,8	97,5	61,7	5,51	172,3
Еланчик	$N_{96}P_{66}$	4,55	25,5	68,2	42,7	5,60	167,4
(контроль)	$N_{138}P_{91}$	5,44	31,5	81,6	50,1	5,79	159,0
	$N_{180}P_{117}$	6,18	35,8	92,7	56,9	5,79	158,9

Заключение

Исследования по теме «Оптимизация применения минеральных удобрений и систем защиты растений в агротехниках выращивания перспективных сортов озимой пшеницы в Терско-Сулакской подпровинции» показали следующие результаты:

1. Наивысшие значения площади листовой поверхности составили 44,2 и 43,7 тыс. м²/га, фотосинтетический потенциал посевов достиг 2,47 и 2,45 млн. м²/га. день, а чистая продуктивность фотосинтеза составила 4,4 и 4,3 г/м². сутки. Эти результаты были получены по сортам Тимирязевка 150 и Бумба при внесении расчетной дозы минеральных удобрений $N_{180}P_{117}$ с целью достижения планируемой урожайности в 6,0 т/га.

2. Наивысшая урожайность – 6,71 т/га, в среднем за 2022–2024 годы, была зафиксирована по сорту Тимирязевка 150 при внесении расчетной дозы минеральных удобрений $N_{180}P_{117}$, что обеспечило наибольший чистый доход в 64,8 тыс. руб./га и рентабельность 181,0%.

3. Изученные сорта озимой пшеницы достигли запланированной урожайности зерна по всем расчетным дозам удобрений. Наилучшие результаты по урожайности показали сорта Тимирязевка 150 и Бумба с усредненными значениями за три года 6,71 и 6,50 т/га.

4. В ходе анализа, урожайность зерна, полученная с использованием рекомендованных доз удобрений в сопоставимом варианте, была относительно низкой. В среднем, за три года, сорта Классика показали урожайность 6,02 т/га, Стиль 18 — 6,11 т/га, а Еланчик — 6,18 т/га.

Список литературы

1. Алещенко В. В., Куратова А. М., Алещенко О. А. и др. Количественные оценки влияния изменений климата на продуктивность зернового производства на юге Сибири // Метеорология и агрогидрология. 2023. №10. С. 88-98.

2. Альферова А. А., Чернова Л. С., Влияние азотных удобрений и биопрепаратов на производительность и качество зерна яровой пшеницы // Российская сельскохозяйственная наука 2020. №3. С.32-35. DOI: 10.31857/S2500262720030084

3. Амиров, М. Ф., Толокнов Д. И. Влияние минеральных удобрений, обработки семян и посевов на продуктивность яровой пшеницы в условиях предкамья республики Татарстан. // Вестник казанского государственного аграрного университета. 2022 г. №2. (66) С. 8-13. DOI 10.12737/2073-0462-2022-6-11.

4. Булавинцев Р. А., Головин С. И., Полохин А. М. и др. Исследования эффективности проведения подкормки озимой пшеницы // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. №2. С. 50-57.

5. Воронов С. И., Плескачев Ю. Н., Ильяшенко П. В. Основы производства высококачественного зерна озимой пшеницы // Плодородие. 2020. № 2 (113) С. 64-66. DOI: 10.25680/S19948603.2020.113.19

6. Kerstin K Zander, Pascal Blaise, and Karin Holm-MüllerView / Assessing German farmers' trade-offs between disease resistance and yield in winter wheat varieties // Outlook on Agriculture. – Volume 52, Issue 1. – pp.

67–78. https://orcid.org/0000-0002-2237-1801

7. Куликова А. Х., Яшин Е. А., Яшин А. Е., Волкова Е. С. Влияние органической, органо – минеральной и минеральной систем удобрения на свойства почвы и урожайность озимой пшеницы в Среднем Поволжье. // Агрохимия. 2022. № 2. С. 13-21. DOI: 10.31857/S0002188122020089

8. Nathan T. Hein,Somayanda M. Impa,Dan Wagner,Raju Bheemanahalli,Ritesh Kumar,Manish Tiwari,P. V. Vara Prasad,Michael Tilley,Xiaorong Wu,Mitchell Neilsen,S. V. Krishna Jagadish / Grain micronutrient composition and yield components in field-grown wheat are negatively impacted by high night-time temperature // Cereal chemistry. – Volume99 – Issue3 – May/June 2022 – Pages 615-624 https://doi.org/10.1002/cche.10523

9. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта / М., Агропромиздат. 1985. С. 350

10. Бахвалова С. А., Демьянова-Рой Г. Б., А. В. Федоров А. В. Урожайность и качество зерна сортов озимой пшеницы в зависимости от дробного внесения азотных подкормок и норм высева. // Зерновое хозяйство России. № 5 (2023) С. 78-84. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-88-5-78-84

11. Qiang Li,Ding Li,Minghui Zhao,Shuluan Sun,Xianghai Meng,Wenchen Qiao / Application of three methods in water-saving wheat breeding // Agronomy journal – First published: 01 December 2022 Volume115, Issue 6 https://doi.org/10.1002/agj2.21267Digital Object Identifier (DOI)

12. Замятин С. А., Максимова Р. Б. Влияние минеральных удобрений на почвенную микрофлору // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2023. №4. С. 68-71. DOI: 10.31857/2500-2082/2023/4/68-71

13. Каюмов М. К. Программирование производительности полевых культур. М. Росагропромиздат. 1989. С. 368

14. Кирюшин В. И. Минеральные удобрения как главный фактор развития сельского хозяйства и оптимизации природопользования // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. №3. С. 19-25.

15. Магомедов Н. Р., Сулейманов Д. Ю., Абдуллаев А. А. и др. Ресурсосберегающая технология возделывания озимой твердой пшеницы в условиях орошения равнинной зоны Дагестана // Современное состояние и инновационные пути развития мелиорации и орошаемого земледелия. Материалы интернациональной научно – практической конференции. Махачкала. 2020. С. 153-161.

16. Кадиров О. С. Влияние норм минеральных удобрений и режима полива на урожайность соломы и зерна озимой твердой пшеницы. // Технические науки: электронный научный журнал. 2022 г. 5(98). С. 7-10 URL: https://7universum.com/ru/tech/archive/item/13590

Referense

1. Aleshchenko V. V., Kuratova A.M., Aleshchenko O. A. and others. Quantitative estimates of the impact of climate change on grain production productivity in southern Siberia // Meteorology and agrohydrology. 2023. No. 10. pp. 88-98.

2. Alferova A. A., Chernova L. S., The effect of nitrogen fertilizers and biological products on the productivity and quality of spring wheat grain // Russian Agricultural Science 2020. No. 3. pp.32-35. DOI: 10.31857/S2500262720030084

3. Amirov, M. F., Toloknov D. I. The influence of mineral fertilizers, seed treatment and crops on the productivity of spring wheat in the conditions of the Amur region of the Republic of Tatarstan. // Bulletin of Kazan State Agrarian University. 2022 No. 2. (66) pp. 8-13. DOI 10.12737/2073-0462-2022-6-11.

4. Bulavintsev R. A., Golovin S. I., Polokhin A.M. et al. Studies of the effectiveness of winter wheat fertilization // Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy. 2022. №2. pp. 50-57.

5. Voronov S. I., Pleskachev Yu. N., Ilyashenko P. V. Fundamentals of production of high-quality grain of winter wheat // Fertility. 2020. No. 2 (113) pp. 64-66. DOI: 10.25680/S19948603.2020.113.19

6. Kerstin K Zander, Pascal Blaise, and Karin Holm-MüllerView / Assessing German farmers' trade-offs between disease resistance and yield in winter wheat varieties // Outlook on Agriculture. – Volume 52, Issue 1. – pp. 67–78. https://orcid.org/0000-0002-2237-1801

7. Kulikova A. Kh., Yashin E. A., Yashin A. E., Volkova E. S. Influence of organic, organo–mineral and mineral fertilizer systems on soil properties and yield of winter wheat in the Middle Volga region. // Agrochemistry. 2022. No. 2. pp. 13-21. DOI: 10.31857/S0002188122020089

8. Nathan T. Hein,Somayanda M. Impa,Dan Wagner,Raju Bheemanahalli,Ritesh Kumar,Manish Tiwari,P. V. Vara Prasad,Michael Tilley,Xiaorong Wu,Mitchell Neilsen,S. V. Krishna Jagadish / Grain micronutrient composition and yield components in field-grown wheat are negatively impacted by high night-time temperature // Cereal chemistry. – Volume 99 – Issue3 – May/June 2022 – Pages 615-624 https://doi.org/10.1002/cche.10523

9. Dospekhov B. A. Methodology of field experience / M., Agropromizdat. 1985. P. 350

10. Bakhvalova S. A., Demyanova-Roy G. B., A.V. Fedorov A.V. Yield and grain quality of winter wheat varieties depending on the fractional application of nitrogen fertilizers and seeding rates. // Grain industry of Russia. No. 5 (2023) pp. 78-84. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-88-5-78-84

11. Qiang Li,Ding Li,Minghui Zhao,Shuluan Sun,Xianghai Meng,Wenchen Qiao / Application of three methods in water-saving wheat breeding // Agronomy journal – First published: 01 December 2022 Volume115, Issue 6 https://doi.org/10.1002/agj2.21267Digital Object Identifier (DOI)

12. Zamyatin S. A., Maksimova R. B. The effect of mineral fertilizers on soil microflora // Bulletin of the Russian Agricultural Science. 2023. No. 4. pp. 68-71. DOI: 10.31857/2500-2082/2023/4/68-71

13. Kayumov M. K. Field crop productivity programming. M. Rosagropromizdat. 1989. p. 368

14. Kiryushin V. I. Mineral fertilizers as the main factor in agricultural development and environmental management optimization // Achievements of science and technology AP.K. 2016. Vol. 30. No. 3. pp. 19-25.

15. Magomedov N. R., Suleymanov D. Yu., Abdullaev A. A. and others. Resource-saving technology of cultivation of winter durum wheat in conditions of irrigation of the lowland zone of Dagestan // The current state and innovative ways of developing land reclamation and irrigated agriculture. Materials of the international scientific and practical conference. Makhachkala. 2020. pp. 153-161.

16. Kadirov O. S. The influence of mineral fertilizer standards and irrigation regime on the yield of straw and grain of winter durum wheat. // Technical Sciences: electronic scientific journal. 2022. 5(98). pp. 7-10 URL: https://7universum.com/ru/tech/archive/item/13590

10.52671/26867591_2026_1_87
УДК 633.161:631.84:631.85

ВЛИЯНИЕ УРОВНЯ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ ОЗИМОГО ЯЧМЕНЯ

ЛЕЙМОЕВА А.Ю.[1,2], канд. биол. наук, доцент
ТАНГИЕВА Я.М.[1], ст. преподаватель
КАСИЕВА Л.Х.[1], ст. преподаватель
ГУМУКОВА Л.А.[1], ст. преподаватель
[1]ФГБОУ ВО «Ингушский государственный университет», г. Магас, Россия
[2] ФГБНУ «Ингушский научно-исследовательский институт сельского хозяйства», г. Сунжа, Россия

THE INFLUENCE OF MINERAL NUTRITION LEVELS ON WINTER BARLEY GROWTH AND DEVELOPMENT

LEIMOYEVA A.Yu.[1,2], Candidate of Biological Sciences, Associate Professor
TANGIEVA Y.M.[1], Senior Lecturer
KASIEVA L.Kh.[1], Senior Lecturer
GUMUKOVA L.A.[1], Senior Lecturer
[1]Ingush State University, Magas, Russia
[2]Ingush Research Institute of Agriculture, Sunzha, Russia

Аннотация. В условиях лесостепного агроландшафта Ингушетии изучено влияние различных уровней минерального питания на рост, развитие и структуру урожайности районированного сорта озимого ячменя Михайло. Полевые опыты заложены на опытном поле ФГБНУ ИнгНИИСХ по схеме, включающей неудобренный контроль, предпосевное внесение $N_{30}P_{50}$ (фон), а также сочетание фона с одно- и двукратными азотными подкормками. Проведён комплекс фенологических, биометрических и структурных наблюдений с последующей статистической обработкой методом дисперсионного анализа. Установлено, что стартовый агрохимический фон не оказывает существенного влияния на полевую всхожесть, однако достоверно повышает сохранность растений к уборке и высоту стеблестоя на всех этапах органогенеза. Наибольшая плотность продуктивного стеблестоя (436,2 шт./м²) и максимальные значения общей и продуктивной кустистости зафиксированы в варианте с дробным двукратным внесением азота. Выявлена устойчивая корреляция между интенсивностью азотного питания и параметрами структуры колоса: длина колоса возрастает до 8,0 см, число зёрен достигает 40,5 шт., масса 1000 зёрен – 45,0 г. Интегральным результатом оптимизации азотного режима становится прирост урожайности на 11,3 ц/га относительно контроля, что составляет 24,0 %. Заключается, что для условий лесостепной зоны Ингушетии агрономически и экономически оправданным является возделывание озимого ячменя с предпосевным внесением $N_{30}P_{50}$ и последующими двумя азотными подкормками (N_{30} весной + N_{20} в фазу колошения), обеспечивающими реализацию потенциала продуктивности культуры.

Ключевые слова: озимый ячмень, фон, минеральные удобрения, продуктивная кустистость, общая кустистость, фазы вегетации, урожайность.

Abstract. *The effects of various levels of mineral nutrition on the growth, development, and yield structure of the zoned winter barley variety Mikhailo were studied in the forest-steppe agricultural landscape of Ingushetia. Field trials were conducted on the experimental field of the IngNIISH using a scheme including an unfertilized control, pre-sowing application of $N_{30}P_{50}$ (background), and a combination of background and single and double nitrogen fertilization. A series of phenological, biometric, and structural observations were conducted, followed by statistical processing using the analysis of variance method. It was found that the initial agrochemical background has no significant effect on field germination, but significantly increases plant survival at harvest and stem height at all stages of organogenesis. The highest productive stem density (436.2 pcs/m²) and maximum total and productive tillering were recorded in the variant*

with split, double nitrogen application. A stable correlation was found between the intensity of nitrogen nutrition and ear structure parameters: ear length increased to 8.0 cm, the number of grains reached 40.5 pcs, and the thousand-grain weight was 45.0 g. The overall result of nitrogen optimization was a yield increase of 11.3 c/ha relative to the control, which is 24.0%. It is concluded that, for the forest-steppe conditions of Ingushetia, winter barley cultivation with pre-sowing application of $N_{30}P_{50}$ followed by two nitrogen fertilizations (N_{30} in spring + N_{20} during the heading phase) is agronomically and economically justified, ensuring the crop's productivity potential is realized.

Keywords: *winter barley, background, mineral fertilizers, productive tillering, total tillering, vegetation phases, yield.*

Введение. Повышение плодородия почв посредством внесения минеральных туков выступает ключевым звеном антропогенного регулирования биогеохимического круговорота веществ в агроценозах. Систематическое применение удобрений позволяет не только увеличивать валовые сборы зерна, но и целенаправленно влиять на его качественные характеристики [6, 13, 14, 19, 20].

Цель работы заключалась в выявлении закономерностей роста, развития и формирования продуктивности растений озимого ячменя при различных уровнях обеспеченности макроэлементами.

Методы исследований

Полевые эксперименты были заложены в лесостепном агроландшафте Ингушетии на опытном поле ФГБНУ Инг.НИИСХ. Объектом исследований служил районированный сорт озимого ячменя *Михайло*. Для оценки отзывчивости культуры на условия корневого питания была разработана следующая схема полевого опыта:

1. Контроль (без применения удобрений);
2. Предпосевное внесение $N_{30}P_{50}$ (условный фон);
3. Фон + ранневесенняя подкормка N_{30};
4. Фон + двукратное внесение азота: N_{30} (весной) + N_{20} (фаза колошения).

Посев проводился с нормой высева 4,3 млн семян на гектар. Размер учетных делянок составлял 20м². Весь комплекс учетов, аналитических определений и биометрических измерений выполнялся согласно общепринятым методическим указаниям [3, 9]. Статистическая обработка цифрового материала осуществлялась методом дисперсионного анализа.

Результаты

Результаты фенологических наблюдений свидетельствуют, что стартовые условия увлажнения и питания не оказали решающего влияния на полевую всхожесть семян – различия между удобренными вариантами и контролем находились в пределах статистической погрешности (рис. 1).

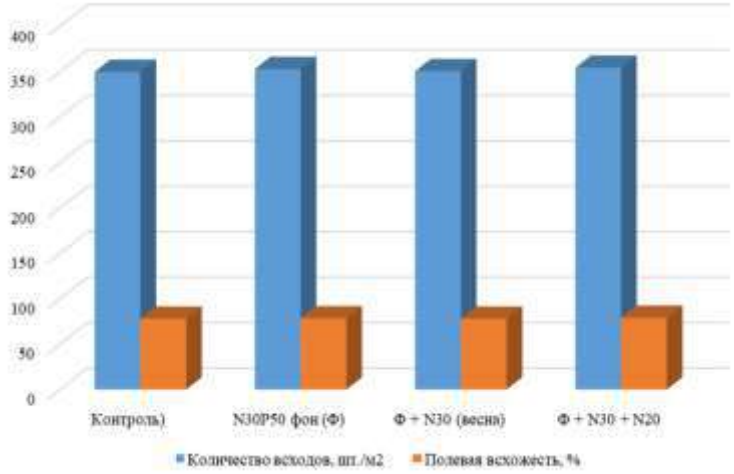


Рисунок 1 - Полевая всхожесть семян озимого, %

Принципиально иная картина наблюдалась при анализе сохранности растений к моменту уборки. Минеральные туки способствовали снижению элиминации образцов в ходе вегетации (табл. 1).

Таблица 1 - Сохранность растений озимого ячменя к уборке, шт./м²

Вариант	Количество перезимовавших растений шт./м²	Перезимовавшие растения %	Количество растений перед уборкой шт./м²	Выживаемость, %
Контроль (б/у)	327.6	93.7	189.8	54.8
$N_{30}P_{50}$ – фон (Ф)	335.0	95.0	208.3	59.1
Ф + N_{30} (весна)	336.1	95.9	211.6	60.4
Ф + N_{30}+ N_{20}	343.5	97.0	218.1	61.6

Максимальная густота стояния (218,1 экз./м²) зафиксирована в варианте с дробным внесением азота. Выживаемость здесь достигла 61,6%, превысив контроль почти на 7%.

Анализ линейного роста побегов выявил четкую корреляцию с интенсивностью азотного питания. На протяжении всей вегетации растения удобренных вариантов стабильно превосходили контрольные по высоте. В фазе полной спелости высота стеблестоя на контроле составила 97,3 см. Внесение стартовой дозы $N_{30}P_{50}$ обеспечило прирост высоты на 4,4 см. Введение двух азотных подкормок позволило достичь максимальных значений – 105,9 см, что на 8,6 см выше неудобренного фона.

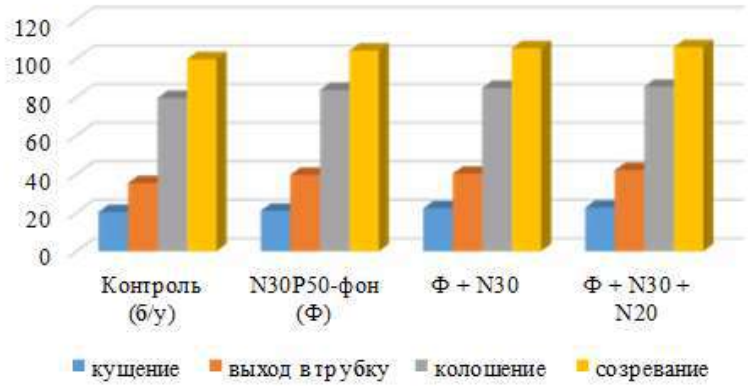


Рисунок 2 - Высота растений озимого ячменя, см

Внесение минеральных удобрений положительно повлияло на высоту растений независимо от фазы вегетации. Так, при созревании на варианте без удобрений высота составила 9,7см, тогда как внесение удобрений в дозе $N_{30}P_{50}$ увеличило этот показатель до 104, что на 1 см, что на 4.4 см больше. Внесение подкормок также способствовало увеличению высоты растений озимого ячменя. При внесении двух подкормок была самая большая высота растении – 105.9 см.

Разная обеспеченность посевов озимого ячменя элементами минерального питания оказало определенное влияние на формирование элементов структуры урожая, на рост корневой системы [18]. Плотность агрофитоценоза является базовым фактором, детерминирующим уровень зерновой продуктивности [1, 5]. Исследования показали, что минеральное питание существенно модифицирует структуру травостоя (табл. 2).

В таблице 2 приведены данные, показывающие общую и продуктивную кустистость растений озимого ячменя в зависимости от обеспеченности элементами минерального питания.

Таблица 2 – Кустистость озимого ячменя

Вариант	Количество стеблей шт./м^2		Кустистость	
	всего	продуктивных	общая	продуктивная
Контроль (б/у)	436,5	303,7	2,3	1,6
$N_{30}P_{50}$ – фон (Ф)	520,8	354,1	2,5	1,7
Ф + N_{30} (весна)	571,7	402,0	2,7	1,9
Ф + N_{30}+ N_{20}	610,7	436,2	2,8	2,0

В ходе экспериментальной работы была установлена устойчивая корреляционная зависимость интенсивности побегообразования озимого ячменя (*Hordeum vulgare*) от уровня насыщенности почвенного раствора доступными формами азота и фосфора. Оптимизация минерального питания путем двукратного некорневого внесения азотных удобрений в фенологические фазы, критические для закладки генеративных органов, позволила достичь максимальных показателей плотности продуктивного стеблестоя. На данном варианте количество хозяйственно ценных побегов составило 436,2 шт./м², что на 43,6% превысило значения абсолютного контроля (303,7 шт./м²). Столь существенная разница обусловлена активизацией меристематической активности узлов кущения и снижением уровня отмирания боковых побегов на фоне сбалансированного питания. Систематизированные в таблице 3 данные убедительно доказывают, что применение удобрений не только увеличивает общее число стеблей, но и качественно трансформирует структуру агроценоза, повышая коэффициент продуктивной кустистости. Особенно на варианте с двумя подкормками.

Количество аккумулированного сухого вещества выступает интегральным показателем фотосинтетической деятельности посева [2, 12, 16, 17]. В наших исследованиях данный параметр находился в прямой зависимости от насыщенности удобрениями (рис. 3).

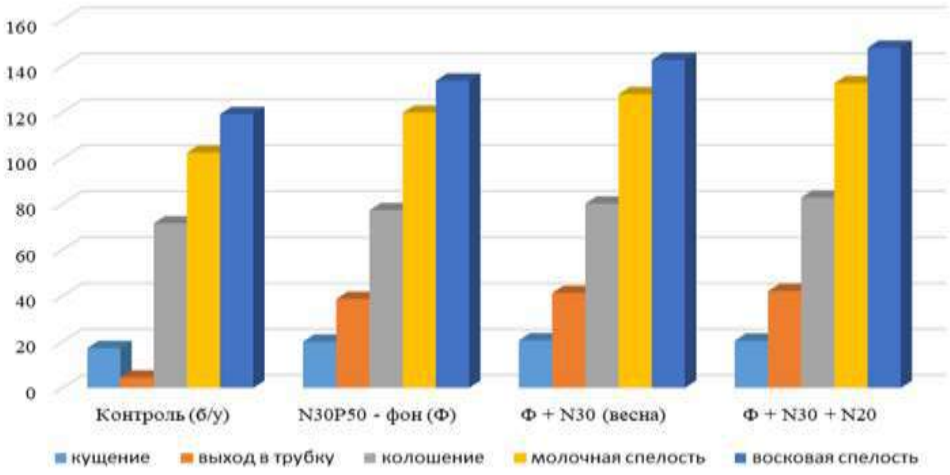


Рисунок 3 - Динамика накопления сухого вещества растениями озимого ячменя, ц/га.

Оценка эффективности предпосевного внесения фосфорно-азотного фона показала, что данный агроприём обеспечил прирост абсолютно сухой фитомассы на 14,3 ц/га относительно уровня естественного плодородия (119,4 ц/га). Таким образом, удобренный вариант вышел на показатель 133,7 ц/га, что свидетельствует о высокой отзывчивости культуры на стартовое питание.

Введение азотных подкормок стимулировало дальнейшую аккумуляцию биомассы. Наивысшие значения (145,8 ц/га) отмечены при двух подкормках, что объясняется более продолжительной работой ассимиляционного аппарата в условиях сбалансированного питания.

Академик Д.Н. Прянишников [11] писал, что «урожай, как известно результат совокупного действия факторов и выпадение хотя бы одного из них может свести к нулю действия всех». Такую же мысль высказал ряд авторов [12, 15].

Поскольку онтогенетические этапы формирования элементов структуры урожая озимого ячменя не совпадают, а степень реализации их потенциальной продуктивности лимитируется погодными условиями и приемами возделывания, возникает необходимость в детальном покомпонентном анализе. [2, 7, 8, 10]. Руководствуясь данной задачей, мы проводили лабораторные анализа сноповых образцов (табл. 3).

Проведенный комплексный анализ структурных элементов урожайности позволил выявить четко выраженную зависимость морфологических параметров колоса от интенсивности и кратности азотного питания. В ходе лабораторной обработки снопового материала и обмолота образцов были зафиксированы существенные межуровневые различия по основным, определяющим продуктивность признакам (табл. 3).

Если на абсолютном контроле, не предусматривавшем вмешательства в минеральный режим почвы, формирование генеративных органов протекало в условиях естественного плодородия, то уже введение предпосевного фона $N_{30}P_{50}$ инициировало заметную положительную динамику. Наибольшей же выраженности хозяйственно ценные признаки достигли в варианте с дробным внесением азота, разделенным на два технологических приема — ранневесеннюю подкормку и дополнительное питание в фазу колошения.

В частности, именно на данном варианте отмечены максимальные значения по всей совокупности учетных параметров. Длина колоса увеличилась до 8,0 см, что на 19,4 % превосходит контрольный уровень. Число колосков в колосе достигло 17,6, а количество выполненных зерен – 40,5, что свидетельствует не только о лучшей сохранности зачаточных цветков, но и о более полной реализации потенциальной озерненности колоса. Закономерным следствием интенсификации донорно-акцепторных связей стало увеличение массы зерна с одного колоса до 1,62 г, а также рост массы 1000 зерен до 45,0 г, что указывает на повышение выполненности и крупности зерновки.

Таблица 3 – Структура урожая озимого ячменя

Вариант	Длина колоса, см	Число колосков в колосе, шт.	Число зерен с 1 колоса, шт.	Масса зерна с 1 колоса, г	Масса 1000 зерен, г
Контроль (б/у)	5.8	13.8	40.1	1.42	41.1
$N_{30}P_{50}$ – фон (Ф)	7.3	16.3	39.2	1.50	43.6
Ф + N_{30} (весна)	7.7	10.7	40.4	1.59	44.1
Ф + N_{30}+ N_{20}	8.0	17.6	40.5	1.62	45.0

Таким образом, оптимизация азотного режима посевов обеспечила синергетический эффект: подкормки работали не изолированно на какой-то один признак, а комплексно улучшали всю структуру урожая, начиная от линейных параметров колоса и заканчивая физическими свойствами зерна.

Итоговая зерновая продуктивность выступила интегральным критерием эффективности изучаемых агроприемов (табл. 4).

Данные таблицы 4 показывают высокую эффективность применения минеральных удобрений для повышения продуктивности растений озимого ячменя. Так, внесение N_{30} P_{50} до посева способствовало увеличению урожайности зерна озимого ячменя по сравнению с контролем на 5.3ц/га.

Таблица 4 - Урожайность озимого, ц/га

Вариант	Урожайность по повторностям			Среднее	Прибавка, ц/га
	I	II	III		
Контроль (б/у)	49.2	46.4	49.6	48.1	0
$N_{30}P_{50}$ – фон (Ф)	52.1	55.3	52.8	53.4	5.3
Ф + N_{30} (весна)	56.3	58.9	57.3	57.5	9.4
Ф + N_{30}+ N_{20}	60.1	59.8	58.6	59.4	11.3
$НСР_{095}$	-	-	-	3.4	-

Наибольшая урожайность сформировалась в варианте с двукратным применением азота — 59,4 ц/га. Это превышает контроль на 11,3 ц/га (или 24,0%). Полученные данные убедительно демонстрируют, что оптимизация азотного режима почвы посредством расщепления доз во времени позволяет максимально полно реализовать потенциал продуктивности озимого ячменя.

Заключение

1.В условиях лесостепной зоны Ингушетии возделывание озимого ячменя сорта Михайло экономически и агрономически целесообразно осуществлять на фоне внесения $N_{30}P_{50}$ с последующими двумя азотными подкормками (N_{30} в фазе возобновления весенней вегетации + N_{20} в начале колошения).

2.Данная схема минерального питания способствует повышению сохранности растений (+6,8% к контролю), увеличению продуктивного стеблестоя (+43,6%) и оптимизации влагопотребления посева.

3.Максимальная продуктивность агроценоза (58,4 ц/га) достигается при двукратной некорневой подкормке азотом, обеспечивающей прибавку 11,3 ц/га по отношению к неудобренному фону.

Список литературы

1. Балкарова М. Х., Хамоков Х. А. Формирование элементов продуктивности озимого ячменя и кукурузы на зерно в зависимости от различных доз вносимых удобрений // Известия КБГАУ им. В.М. Кокова. – 2025. – № 1(47). – С. 7-16. – DOI: 10.55196/2411-3492-2025-1-47-7-16.

2. Бершанский Р. Г., Ерешко А. С., Хронюк В. Б. Озимый ячмень: технология и урожай: монография. – Зерноград: ФГОУ ВПО АЧГАА, 2011. – 108 с.

3. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

4. Ерешко А. С., Хронюк В. Б., Бершанский Р. Г., Татаркин С. В. Озимый ячмень: сорт, удобрение, урожай: монография. – Зерноград: ФГБОУ ВПО АЧГАА, 2013. – 160 с.

5. Жаназакова Д. Д. Влияние норм минеральных удобрений и режима орошения на всхожесть, густоту стояния растений, рост и урожайность зерна сортов озимого ячменя // Экономика и социум. – 2025. – № 4(131). – С. 735–737.

6. Исаева Д. А. Влияние удобрений на урожайность озимого ячменя // Аграрная наука. – 2017. – № 2. – С. 15–17.

7. Кошеляев В. В., Кошеляева И. П., Гурьянова Н. М. Особенности формирования элементов структуры урожая у сортов озимой пшеницы при различных уровнях минерального питания // Нива Поволжья. – 2021. – № 2(59). – С. 46–54. – DOI 10.36461/NP.2021.59.2.010.

8. Левакова О. В. Вариабельность элементов структуры урожая ярового ячменя в зависимости от гидротермических условий вегетации // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2022. – Т. 23. № 3. – С. 327-333. – DOI: 10.30766/2072-9081.2022.23.3.327-333.

9. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып. 2. – М.: 1989. – 197 с.

10. Плищенко В. М., Голубь А. С. Структура урожая ярового ячменя в зависимости от условий вегетации в период прохождения этапов органогенеза // АГРО XXI. – 2009. – № 1–3.

11. Прянишников Д. Н. Популярная агрохимия / предисл. д-ра с.-х. наук А. В. Петербургского. – М.: Наука, 1965. – 397 с.

12. Привалов Ф. И., Холодинский В. В., Акулич И. С. Урожайность озимого ячменя и динамика формирования ее структурных компонентов // Земледелие и селекция в Беларуси. – 2015. – № 51. – С. 117-123.

13. Прянишников Д. Н. Избранные сочинения: в 3 т. – М.: Сельхозиздат, 1963. – Т. 1. – 736 с.

14. Седукова Г. В., Зубкович А. А., Исаченко С. А. Влияние элементов питания на урожайность озимого ячменя при разных системах удобрения // Земледелие и селекция в Беларуси. – 2020. – № 56. – С. 174-180.

15. Фесенко М. А., Шпанев А. М. Влияние агротехнологических факторов на урожайность ярового ячменя в условиях Ленинградской области // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2024. – Т. 25. № 3. – С. 330-339. – DOI: 10.30766/2072-9081.2024.25.3.330-339.

16. Филатов А. Н. Влияние энергосберегающих приемов на продуктивность и качество зерна озимой пшеницы и ячменя ярового // Вестник аграрной науки. – 2020. – № 1(82). – С. 54–59. – DOI: 10.15217/48484.

17. Чухина О. В. Урожайность и качество ячменя при применении удобрений в условиях вологодской области // Arctic Environmental Research. – 2013. – С. 102-109.

18. Himmelbauer, M. Effect of nitrogen fertilization on root distribution of winter barley / M. Himmelbauer, I. Damyanova-Kirilova, W. Loiskandl, P. Cepuder // 2001. - 36,- № 4-6. - P. 118-121.

19. Staugaitis G. et al. Role of soil mineral nitrogen for agricultural crops: Nitrogen nutrition diagnostics in Lithuania //Archives of Agronomy and Soil Science. - 2007. - Т. 53. - №. 3. - С. 263-271.

20. Wlasniewski S. et al. Effect of mineral fertilization on the yield, boron content and bioaccumulation factor in grain of cereals //Journal of Elementology. - 2019. - Т. 24. - №. 3.

Reference

1. Balkarova M. Kh., Khamokov H. A. Formation of productivity elements of winter barley and grain corn depending on different doses of applied fertilizers // Bulletin of KBGAU im. V. M. Kokov. - 2025. - No. 1 (47). - P. 7-16. - DOI: 10.55196/2411-3492-2025-1-47-7-16.

2. Bershansky R. G., Ereshko A. S., Khronyuk V. B. Winter barley: technology and harvest: monograph. - Zernograd: FGOU HPE AChGAA, 2011. - 108 p.

3. Dospekhov B. A. Methodology of field experiment (with the basics of statistical processing of research results). - 5th ed., suppl. and revised. - M.: Agropromizdat, 1985. - 351 p.

4. Ereshko A. S., Khronyuk V. B., Bershansky R. G., Tatarkin S. V. Winter barley: variety, fertilizer, yield: monograph. - Zernograd: FGBOU HPO AChGAA, 2013. - 160 p.

5. Zhanazakova D. D. Influence of mineral fertilizer rates and irrigation regime on germination, plant density, growth and grain yield of winter barley varieties // Economy and Society. - 2025. - No. 4 (131). - P. 735-737.

6. Isaeva D. A. Influence of fertilizers on the yield of winter barley // Agrarian science. – 2017. – No. 2. – P. 15–17.

7. Koshelyaev V. V., Koshelyaeva I. P., Guryanova N. M. Features of the formation of yield structure elements in winter wheat varieties at different levels of mineral nutrition // Niva Povolzhya. – 2021. – No. 2(59). – P. 46–54. – DOI 10.36461/NP.2021.59.2.010.

8. Levakova O. V. Variability of spring barley yield structure elements depending on hydrothermal vegetation conditions // Agrarian Science of the Euro-North-East. – 2022. – Vol. 23. No. 3. – P. 327–333. – DOI: 10.30766/2072-9081.2022.23.3.327-333.

9. Methodology of state variety testing of agricultural crops. Issue 2. – Moscow: 1989. – 197 p.

10. Plishchenko V. M., Golub A. S. Structure of the spring barley yield depending on vegetation conditions during the stages of organogenesis // AGRO XXI. – 2009. – No. 1–3.

11. Pryanishnikov D. N. Popular agrochemistry / preface by Dr. of Agricultural Sciences A. V. Peterburgsky. – Moscow: Nauka, 1965. – 397 p.

12. Privalov F. I., Kholodinsky V. V., Akulich I. S. Winter barley yield and the dynamics of its structural components formation // Agriculture and breeding in Belarus. - 2015. - No. 51. - Pp. 117-123.

13. Pryanishnikov D. N. Selected works: in 3 volumes. - Moscow: Selkhozizdat, 1963. - Vol. 1. - 736 p.

14. Sedukova G. V., Zubkovich A. A., Isachenko S. A. Influence of nutrients on winter barley yield under different fertilization systems // Agriculture and breeding in Belarus. - 2020. - No. 56. - Pp. 174-180.

15. Fesenko M. A., Shpanev A. M. Influence of agrotechnological factors on the yield of spring barley in the Leningrad region // Agrarian science of the Euro-North-East. - 2024. - Vol. 25. No. 3. - Pp. 330-339. - DOI: 10.30766/2072-9081.2024.25.3.330-339.

16. Filatov A. N. Influence of energy-saving techniques on the productivity and quality of winter wheat and spring barley grain // Bulletin of agricultural science. - 2020. - No. 1 (82). - Pp. 54–59. - DOI: 10.15217/48484.

17. Chukhina, O. V. "Barley Yield and Quality with Fertilizer Application in the Vologda Region," in Arctic Environmental Research (2013), pp. 102–109.

18. Himmelbauer, M. "Effect of Nitrogen Fertilization on Root Distribution of Winter Barley," in 2001, vol. 36, no. 4–6, pp. 118–121.

19. Staugaitis, G. et al. "Role of Soil Mineral Nitrogen for Agricultural Crops: Nitrogen Nutrition Diagnostics in Lithuania," in Archives of Agronomy and Soil Science (2007), vol. 53, no. 3, pp. 263–271.

20. Wlasniewski, S. et al. Effect of mineral fertilization on the yield, boron content and bioaccumulation factor in grain of cereals // Journal of Elementology. - 2019. - T. 24. - No. 3.

10.52671/26867591_2026_1_93
УДК:631.543.1:635.657

БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ САХАРНОГО СОРГО ПРИ РАЗНЫХ ПРИЁМАХ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ

МАГОМЕДОВ К. А. [1], канд. с.-х. наук, соискатель
АСТАРХАНОВА Т.С. [2], д-р с.-х. наук, профессор
[1]Северо-Кавказский филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения Федеральный научный центр овощеводства
[2] ФГБОУ ВО Дагестанский ГАУ, г. Махачкала, Россия

BIOENERGETIC EFFICIENCY OF SUGAR SORGHUM UNDER DIFFERENT SOIL TREATMENT METHODS AND FERTILIZER APPLICATIONS

MAGOMEDOV K.A. [1], Candidate of Agricultural Sciences, applicant
ASTARKHANOVA T.S. [2], Doctor of Agricultural Sciences, Professor
[1]North Caucasian branch of the Federal Research Center for Vegetable Growing
[2]Dagestan State Agrarian University named after M.M. Dzhambulatov, Makhachkala, Russia

Аннотация. В данной статье представлены результаты исследований биоэнергетической эффективности сахарного сорго при разных приёмах обработки почвы и применения удобрений в условиях Терско-Сулакской подпровинции. Установлено, что наибольший коэффициент энергетической эффективности отмечен у сорта Тандем на варианте мелкой основной обработки почвы и равнялся 4,18 единицам, что оказалось на 0,59 единицы, или 16,4 % больше минимального значения.

Коэффициент энергетической эффективности оказался наименьшим у сорта Алга на варианте без удобрений и равнялся 3,64 ед. На варианте применения P_{100} K_{66} при посеве коэффициент энергетической эффективности был на 0,06 ед. больше, на варианте применения P_{100} K_{66} в подкормки на 0,11 ед. больше, чем на варианте без удобрений и на 0,05 ед. больше, чем на варианте P_{100} K_{66} при посеве. У сорта Зевс коэффициент энергетической эффективности оказался на 0,23-0,26 ед. больше, чем у сорта Алга.

У сорта Тандем коэффициент энергетической эффективности был на 0,47-0,53 ед. больше, чем у сорта Алга и на 0,24-0,28 ед. больше, чем у сорта Зевс. Наибольший коэффициент энергетической эффективности отмечен у сорта Тандем на варианте применения P_{100} K_{66} в подкормки и равнялся 4,28 единицам, что оказалось на 0,64 единицы, или 17,6 % больше минимального значения.

Ключевые слова: сорго; обработка почвы; биоэнергетическая эффективность, подкормка, коэффициент, посев.

Abstract. *This article presents the results of studies of the bioenergetic efficiency of sugar sorghum in various methods of tillage and the use of fertilizers in the conditions of the Tersko-Sulak sub-province. It was found that the Tandem variety had the highest energy efficiency coefficient in the variant of small-scale main tillage and was 4.18 units, which turned out to be 0.59 units, or 16.4% more than the minimum value.*

The energy efficiency coefficient was the lowest for the Alga variety on the version without fertilizers and was 3.64 units. In case of R100 K66 application during inoculation, the energy efficiency coefficient was 0.06 units higher, in case of R100 K66 application in top dressing - 0.11 units higher than in case without fertilizers and 0.05 units higher than in case of R100 K66 application during inoculation. The Zeus variety had an energy efficiency coefficient of 0.23-0.26 units. more than the Alga variety.

The Tandem variety had an energy efficiency factor of 0.47-0.53 units more than the Alga variety and 0.24-0.28 units more than the Zeus variety. The highest coefficient of energy efficiency was noted in the Tandem variety on the application option R100 K66 in top dressing and was 4.28 units, which turned out to be 0.64 units, or 17.6% more than the minimum value.

Keywords: *sorghum; tillage; bioenergy efficiency, feeding, coefficient, sowing.*

Введение

Сорго относится к ценным кормовым культурам и содержит 60-80% крахмала; 8-17% белка; 1,7-6,5% жира [1-3]. Сорго дает высокие урожаи в условиях засухи [4-6], после сбора урожая при возделывании сорго в почву возвращается до 40% азота, до 80% калия и до 30% фосфора [7-8]. Увеличение продуктивности сортов сахарного сорго при разных регуляторах роста в условиях Терско-Сулакской подровинции Республики Дагестан в своих исследованиях установили К.Б. Абакаров, М.Р. Мусаев, А.А. Магомедова, З.М. Мусаева, Ш.Ш. Омариев [9-11}. П.О. Дибирова, З.М. Мусаева, А.Н. Раджабов занимаются возделыванием новых перспективных сортов сахарного сорго на вторично-засолённых землях Западного Прикаспия Дагестана [12-13]. По их мнению, выращивание сахарное сорго позволяет успешно бороться с первичным и вторичным засолением [14-15]. И.М. Кадималиев и И.Р. Астарханов занимались изучением влияния регуляторов роста на урожайность и структуру урожая сортов зернового сорго в условиях

Приморско-каспийской подпровинции Дагестана [16]. З.И. Магомедова, А.А. Магомедова, З.М. Мусаева, Ш.Ш. Омариев с 2016 по 2018 годы на засолённых лугово-каштановых почвах Тереско-Сулакской подпровинции Республики Дагестан изучали влияние регуляторов роста на продуктивность сортов зернового сорго [12]. Муслимов М.Г. изучал агробиологические основы ресурсосберегающий технологии возделывания сорговых культур на силос и зелёную массу в условиях Дагестана [13]. В 2019 году М.Г. Муслимов, К.У. Куркиев, К.М. Абдулаев рассмотрели сортовой потенциал как важнейший фактор повышения урожайности сорго в современных экономических условиях [13].

Цель исследований – оценить биоэнергетическую эффективность возделывания сахарного сорго в условиях Терско-Сулакской подпровинции условиях Республики Дагестан.

Материалы и методы исследований.

Материалами исследований служили следующие сорта сорго:

АЛГА, оригинатор ФГБНУ «Ставропольский научно-исследовательский институт сельского хозяйства», включен в Госреестр по Северо-Кавказскому (6) со средней урожайностью 132,6 ц/га.

ЗЕВС, оригинатор Euralis Semences, включен в Госреестр по Северо-Кавказскому (6) региону, с урожайностью 93,1 ц/га.

ТАНДЕМ, оригинатор ФГБНУ "Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий" ФГБНУ «Северо-Кавказский Федеральный научный аграрный центр», включен в Госреестр по Северо-Кавказскому (6) на кормовые цели, со средней урожайностью зеленой массы 71,0 ц/га. Исследования проводились на базе ИП «Магомедов» Бабаюртовского района Республики Дагестан на тёмно-каштановых почвах в 2019-2023 гг.

В *первом опыте* основная обработка почвы проводилась по следующим схемам: 1. Обычная (на глубину 0,20-0,22 м) (контроль); 2. Мелкая (на глубину 0,12-0,14 м); 3. Глубокая (на глубину 0,28-0,30 м).

Во *втором опыте* минеральные удобрения вносились по следующим схемам: 1. Контроль (без удобрений); 2. P_{100} K_{66} при посеве; 3. P_{100} K_{66} в 3 подкормки.

Результаты исследований и обсуждение. В опыте с основной обработкой почвы наибольшее количество обменной энергии в урожае сахарного сорго в среднем за 2019-2023 годы 60,00 ГДж содержалось у сорта Тандем на варианте глубокой обработки почвы. У сорта Зевс на этом варианте обменной энергии накапливалось на 3,57 ГДж меньше. У сорта Алга на этом варианте обменной энергии содержалось на 6,91 ГДж меньше, чем у сорта Тандем и на 3,34 ГДж меньше, чем у сорта Зевс. Наименьшее количество обменной энергии в урожае 51,90 ГДж содержалось у сорта Алга на варианте мелкой обработки почвы. На варианте обычной обработки почвы у сорта Алга количества обменной энергии содержалось на 0,48 ГДж больше, на варианте глубокой обработки почвы на 1,19 ГДж больше. У сорта Зевс обменной энергии в урожае содержалось на 3,10-3,34 ГДж больше. У сорта Тандем на 6,67-6,91 ГДж больше, чем у сорта Алга и на 3,57 ГДж больше, чем у сорта Зевс. Затраты энергии по сортам были одинаковыми, но различались по приёмам основной обработки почвы. Наименьшие затраты энергии наблюдались на вариантах мелкой основной обработки почвы и составляли 14,0 ГДж/га. На вариантах обычной основной обработки почвы затраты энергии были на 0,4 ГДж/га больше. На вариантах глубокой основной обработки почвы затраты энергии были на 0,8 ГДж/га больше, чем на вариантах мелкой обработки почвы, на 0,4 ГДж/га больше, чем на вариантах обычной обработки почвы и составляли 14,8 ГДж/га.

Коэффициент энергетической эффективности оказался наименьшим у сорта Алга на варианте глубокой обработки почвы и равнялся 3,59 ед. На варианте обычной основной обработки почвы коэффициент энергетической эффективности был на 0,05 ед. больше, на варианте мелкой обработки почвы на 0,12 ед. больше, чем на варианте глубокой обработки почвы и на 0,07 ед. больше, чем на варианте обычной обработки почвы.

У сорта Зевс коэффициент энергетической эффективности был на 0,22-0,23 ед. больше, чем у сорта Алга. У сорта Тандем коэффициент энергетической эффективности был на 0,46-0,48 ед. больше, чем у сорта Алга и на 0,24-0,25 ед. больше, чем у сорта Зевс. Наибольший коэффициент энергетической эффективности отмечен у сорта Тандем на варианте мелкой основной обработки почвы и равнялся 4,18 единицам, что оказалось на 0,59 единицы, или 16,4 % больше минимального значения (табл.1).

Таблица 1 - Биоэнергетическая эффективность сахарного сорго в зависимости от обработки почвы (средние данные за 2019 - 2023 гг.)

Фактор А - Сорта	Фактор В Обработка почвы	Содержание энергии, ГДж/га	Затраты энергии, ГДж/га	Коэффициент энергетической эффективности, ед.
Алга	Обычная	52,38	14,4	3,64
	Глубокая	53,09	14,8	3,59
	Мелкая	51,90	14,0	3,71
Зевс	Обычная	55,71	14,4	3,87
	Глубокая	56,43	14,8	3,81
	Мелкая	55,00	14,0	3,93
Тандем	Обычная	59,28	14,4	4,12
	Глубокая	60,00	14,8	4,05
	Мелкая	58,57	14,0	4,18

В опыте с применением удобрений, наибольшее количество обменной энергии 62,57 ГДж/га содержалось у сорта Тандем на варианте применения P_{100} K_{66} в подкормки. На варианте применения P_{100} K_{66} при посеве обменной энергии содержалось на 0,95 ГДж/га меньше. На варианте без применения удобрений обменной энергии содержалось на 3,32 ГДж/га меньше, чем на варианте применения P_{100} K_{66} в подкормки и на 2,37 ГДж/га меньше, чем на варианте применения P_{100} K_{66} при посеве.

У сорта Зевс на варианте применения P_{100} K_{66} в подкормки обменной энергии накапливалось на 4,03 ГДж меньше по сравнению с аналогичным вариантом у сорта Тандем. У сорта Алга на этом варианте обменной энергии содержалось на 7,82 ГДж меньше, чем у сорта Тандем и на 3,79 ГДж меньше, чем у сорта Зевс. Наименьшее количество обменной энергии в урожае 52,38 ГДж содержалось у сорта Алга на варианте без применения удобрений.

На варианте применения P_{100} K_{66} при посеве у сорта Алга количества обменной энергии содержалось на 1,66 ГДж больше, на варианте применения P_{100} K_{66} в подкормки на 2,37 ГДж больше. У сорта Зевс обменной энергии в урожае содержалось на 3,31-3,79 ГДж больше. У сорта Тандем на 6,87-7,82 ГДж больше, чем у сорта Алга и на 3,56-4,03 ГДж больше, чем у сорта Зевс.

Затраты энергии по сортам были одинаковыми, но различались по вариантам применения удобрений. Наименьшие затраты энергии наблюдались на вариантах без удобрений и составляли 14,4 ГДж/га. На вариантах применения удобрений при посеве и в подкормках затраты энергии были на 0,2 ГДж/га больше и составляли 14,6 ГДж/га. Коэффициент энергетической эффективности оказался наименьшим у сорта Алга на варианте без удобрений и равнялся 3,64 ед. На варианте применения P_{100} K_{66} при посеве коэффициент энергетической эффективности был на 0,06 ед. больше, на варианте применения P_{100} K_{66} в подкормки на 0,11 ед. больше, чем на варианте без удобрений и на 0,05 ед. больше, чем на варианте P_{100} K_{66} при посеве. У сорта Зевс коэффициент энергетической эффективности оказался на 0,23-0,26 ед. больше, чем у сорта Алга. У сорта Тандем коэффициент энергетической эффективности был на 0,47-0,53 ед. больше, чем у сорта Алга и на 0,24-0,28 ед. больше, чем у сорта Зевс. Наибольший коэффициент энергетической эффективности отмечен у сорта Тандем на варианте применения P_{100} K_{66} в подкормки и равнялся 4,28 единицам, что оказалось на 0,64 единицы, или 17,6 % больше минимального значения.

Таблица 2 – Биоэнергетическая эффективность сахарного сорго в зависимости от обработки почвы (средние данные за 2019 - 2023 гг.)

Фактор А - Сорта	Фактор В Обработка почвы	Содержание энергии, Гдж/га	Затраты энергии, Гдж/га	Коэффициент энергетической эффективности
Алга	Без удобрений	52,38	14,4	3,64
	P_{100} K_{66} при посеве	54,04	14,6	3,70
	P_{100} K_{66} в подкормки	54,75	14,6	3,75
Зевс	Без удобрений	55,69	14,4	3,87
	P_{100} K_{66} при посеве	57,60	14,6	3,94
	P_{100} K_{66} в подкормки	58,54	14,6	4,01
Тандем	Без удобрений	59,25	14,4	4,11
	P_{100} K_{66} при посеве	61,62	14,6	4,22
	P_{100} K_{66} в подкормки	62,57	14,6	4,28

Заключение. В результате проведённых исследований по изучению влияния основной обработки почвы, применения минеральных удобрений на биоэнергетическую эффективность сортов сахарного сорта Алга, Зевс и Тандем, было установлено, что наибольшее количество обменной энергии формировалось у сорта Тандем на варианте глубокой основной обработки почвы при применении минеральных удобрений P_{100} K_{66} в подкормки.

Наибольшие коэффициенты энергетической эффективности при возделывании сахарного сорго были установлены у сорта Тандем на варианте глубокой основной обработки почвы при применении минеральных удобрений P_{100} K_{66} в подкормки.

Список литературы

1. Продуктивность сортов сахарного сорго при разных регуляторах роста в условиях Терско-Сулакской подровинции Республики Дагестан / К.Б. Абакаров, А.А. Магомедова, З.М. Мусаева [и др.] // Проблемы развития АПК региона. – 2019. – № 3 (39). – С. 7-11.

2. Абакаров К.Б., Мансуров Н.М., Мусаев М.Р. Регулирование солевого режима лугово-каштановых почв посредством выращивания сахарного сорго на фоне разных регуляторов роста // Проблемы развития АПК региона. – 2019. – № 3 (39). – С.11-16.

3. Клепко Ю.Н., Андрющенко Н.И., Лушпина О.А. Новые сорта зернового сорго // Кукуруза и сорго. – 2004. – № 5. – С. 17-18.

4. Кадималиев И.М., Астарханов И.Р. Разработка экологически безопасных элементов возделывания сортов зернового сорго в условиях приморско-каспийской подпровинции Дагестана // Проблемы развития АПК региона. – 2021. – № 4 (48). – С. 103-109.

5. Кадималиев И.М., И.Р. Астарханов Влияние регуляторов роста на урожайность и структуру урожая сортов зернового сорго в условиях приморско-каспийской подпровинции Дагестана // Проблемы развития АПК региона. 2023. – № 3 (51). – С. 59-62.

6. Бойко В. С., Тимохин А. Ю., Володин А. Б., Нижельский Т. Н. Потенциал продуктивности сорго сахарного в южной лесостепи Западной Сибири // Кормопроизводство. – 2022. – № 4. – С. 29-33.

7. Сайпуллаев А.С., Гасанов Г.Н., Мусаев М.Р. Адаптивный потенциал сорго сахарного к среднезасолённой лугово-каштановой почве предгорной подпровинции Дагестана // Проблемы развития АПК региона 2018. – № 4 (36). – С. 100-105.

8. Сайпуллаев А.С. Экономическая, биоэнергетическая и экологическая эффективность выращивания сорго сахарного в предгорной подпровинции Дагестана // Проблемы развития АПК региона. – 2019. – № 1 (37). – С. 110-114.

9. Оконов, М.М., Евчук М.В. Влияние ростостимуляторов Альбит и Полистин на продуктивность зернового сорго // Известия Оренбургского ГАУ. – 2014. – № 1. – С. 29-31.

10. Скопцова Е.Ю. Режим орошения и водопотребления сахарного сорго при дефиците водных ресурсов в условиях Саратовского Заволжья: автореф. дис. ...канд. с.-х. наук. – Саратов: 2001. – 23 с.

11. Олешко В. П., Дробышев А. П. Эффективность применения удобрений в кормовом севообороте на орошении в условиях Приобья Алтайского края // Вестник АГАУ. – 2020. – №10 (192).

12. Возделывание кукурузы и сахарного сорго на силос в чистых и смешанных посевах в условиях предгорной подпровинции Республики Дагестан / Ш.Ш. Омариев, Т.В. Рамазанова, Л.Ю. Караева [и др.] // Проблемы развития АПК региона. 2021. – № 2 (46). – С. 74-79.

13. Муслимов М.Г., Гусев В.В., Халикова М.М. Внедрение новых сортов сорго для укрепления кормовой базы Республики Дагестан // Проблемы развития АПК региона. – 2022. – № 4 (52). – С. 119-122.

14. Pascual-Villalobos, M. H., Castaño, C., Martín, F., López, M. D., Giraó, P., and Riudavets, H. (2021). (E)-Anethole microspheres as an alternative insecticide for funnel traps. J. Stored Products Res. 93:101862. doi: 10.1016/j.jspr.2021.101862

15. Pascual-Villalobos, M. H., Giraud, P., Díaz-Baños, F. G., Cantó-Tejero, M., and Villora, G. (2019). "Oil-in-Water Nanoemulsion: 9 Compositions with Plant Active Ingredients," in Nanobiopesticides Today and Tomorrow, edited by O. Cole (London, UK: Academic Press), pp. 223-247. doi: 10.1016/B978-0-12-815829-6.00009-7A.

16.Behzad, T.S. Astarkhanova. Of Rhodococcus erythropolis strain OPI-01 on the fungal development in winter wheatbiodiversitas 25 (3): 1063-1070, March 2024 DOI: 10.13057/biodiv/d250320

References

1. Productivity of sweet sorghum varieties with different growth regulators in the Terek-Sulak subprovince of the Republic of Dagestan / K.B. Abakarov, A.A. Magomedova, Z.M. Musaeva [et al.] // Problems of development of the regional agro-industrial complex. - 2019. - No. 3 (39). - P. 7-11.

2. Abakarov K.B., Mansurov N.M., Musaev M.R. Regulation of the salt regime of meadow-chestnut soils by growing sweet sorghum against the background of different growth regulators // Problems of development of the regional agro-industrial complex. - 2019. - No. 3 (39). - P. 11-16.

3. Klepko Yu.N., Andryushchenko N.I., Lushpina O.A. New varieties of grain sorghum // Corn and sorghum. – 2004. – No. 5. – P. 17-18.

4. Kadimaliyev I.M., Astarkhanov I.R. Development of environmentally friendly elements of cultivation of grain sorghum varieties in the conditions of the coastal-Caspian subprovince of Dagestan // Problems of development of the regional agro-industrial complex. – 2021. – No. 4 (48). – P. 103-109.

5. Kadimaliyev I.M. Influence of growth regulators on the yield and yield structure of grain sorghum varieties in the conditions of the coastal-Caspian subprovince of Dagestan / I.M. Kadimaliyev, I.R. Astarkhanov // Problems of development of the regional agro-industrial complex. 2023. - No. 3 (51). – P. 59-62.

6. Boyko V. S., Timokhin A. Yu., Volodin A. B., Nizhelsky T. N. Productivity potential of sweet sorghum in the southern forest-steppe of Western Siberia // Forage production. - 2022. - No. 4. - P. 29-33.

7. Saipullaev A. S., Gasanov G. N., Musaev M. R. Adaptive potential of sweet sorghum to moderately saline meadow-chestnut soil of the foothill subprovince of Dagestan // Problems of development of the regional agro-industrial complex 2018. - No. 4 (36). - P. 100-105.

8. Saipullaev A. S. Economic, bioenergetic and ecological efficiency of growing sweet sorghum in the foothill subprovince of Dagestan // Problems of development of the regional agro-industrial complex. – 2019. – No. 1 (37). – P. 110-114.

9. Okonov, M.M., Evchuk M.V. Effect of growth stimulants Albit and Polistin on the productivity of grain sorghum // Bulletin of the Orenburg State Agrarian University. – 2014. – No. 1. – P. 29-31.

10. Skoptsova E.Yu. Irrigation regime and water consumption of sweet sorghum under water resource deficit in the Saratov Trans-Volga region: author's abstract. diss. ... Cand. of Agricultural Sciences. – Saratov: 2001. – 23 p.

11. Oleshko V.P., Drobyshev A.P. Efficiency of fertilizer application in forage crop rotation under irrigation in the conditions of the Ob region of Altai Krai // Bulletin of the Orenburg State Agrarian University. – 2020. – No. 10 (192).

12. Cultivation of corn and sweet sorghum for silage in pure and mixed crops in the conditions of the foothill subprovince of the Republic of Dagestan / Sh.Sh. Omariev, T.V. Ramazanova, L.Yu. Karaeva [et al.] // Problems of development of the regional agro-industrial complex. 2021. – No. 2 (46). – P. 74-79.

13. Muslimov M.G., Gusev V.V., Khalikova M.M. Introduction of new varieties of sorghum to strengthen the forage base of the Republic of Dagestan // Problems of development of the regional agro-industrial complex. – 2022. – No. 4 (52). – P. 119-122.

14. Pascual-Villalobos, M. H., Castaño, C., Martín, F., López, M. D., Giraó, P., and Riudavets, H. (2021). (E)-Anethole microspheres as an alternative insecticide for funnel traps. J. Stored Products Res. 93:101862. doi: 10.1016/j.jspr.2021.101862

15. Pascual-Villalobos, M. H., Giraud, P., Díaz-Baños, F. G., Cantó-Tejero, M., and Villora, G. (2019). "Oil-in-Water Nanoemulsion: 9 Compositions with Plant Active Ingredients," in Nanobiopesticides Today and Tomorrow, edited by O. Cole (London, UK: Academic Press), pp. 223-247. doi: 10.1016/B978-0-12-815829-6.00009-7A.

16.Behzad, T.S. Astarkhanova. Of Rhodococcus erythropolis strain OPI-01 on the fungal development in winter wheatbiodiversitas 25 (3): 1063-1070, March 2024 DOI: 10.13057/biodiv/d250320

10.52671/26867591_2026_1_97
УДК 582.929.4:581.192(470.325)

ДРЕВЕСНЫЕ ЛЕКАРСТВЕННЫЕ РАСТЕНИЯ, ИНТРОДУЦИРУЕМЫЕ В КОЛЛЕКЦИИ НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ЦЕНТРА БОТАНИЧЕСКОГО САДА НИУ «БЕЛГУ»

МАРТЫНОВА Н.А. [1], канд. биол. наук, старший научный сотрудник
СОРОКОПУДОВ В.Н.[2], д-р с.-х. наук, профессор, главный научный сотрудник
ЗАХАРОВА Н.Н.[1], канд. биол. наук, ландшафтный архитектор отдела ландшафтных работ управления ландшафтной архитектуры
[1] ФГБОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», Белгород, ул. Победы, д. 85
[2]ФГБУН «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В.Р. Вильямса», комплексное научно-исследовательское отделение направления плодоводства ВНИИ люпина. Брянская область, п. Мичуринский

TREE MEDICINAL PLANTS INTRODUCED INTO THE COLLECTION OF THE SCIENTIFIC AND EDUCATIONAL CENTER OF THE BOTANICAL GARDEN OF BELSU BELGOROD

MARTYNOVA N.A. [1], PhD in Biology, senior research fellow.
SOROKOPUDOV V.N.[2], Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Chief Research Scientis
ZAKHAROVA N.N. [1], PhD in Biology, landscape architect of the landscape works department of the landscape architecture department
[1] Belgorod State National Research University, Belgorod, Pobedy St., Building 85
[2]FSBI «Federal Research Center for Feed Production and Agroecology named after V.R. Williams», Comprehensive Research Department of the Fruit Growing Direction of the VNI Lupin. Bryansk Region, Michurinsky

Аннотация. Целью работы является выявление перспективных видов лекарственных древесных растений для рекомендации к практическому использованию в воспроизводстве лекарственного сырья, а также использования полученных данных в учебном процессе студентов биологических специальностей. В статье представлены результаты оценки перспективности использования лекарственных древесных растений. Объектами исследований служили 65 видов древесных растений, различного эколого-географического происхождения. Для оценки эколого-биологических свойств использовали пятибалльную шкалу Ботанического сада Ростовского университета. Проведены визуальные наблюдения за общим состоянием и жизнеспособностью лекарственных древесных растений. Основными показателями, обеспечивающие адаптацию данных видов являются зимостойкость, засухоустойчивость, устойчивость к болезням и вредителям, семенная репродуктивность и способность к самостоятельному существованию в местных условиях. Определены три группы перспективности для использования данных видов в культуре. Полученные данные

рекомендованы для выращивания в культуре для воспроизводства лекарственного сырья. Ограниченная в использовании группа видов растений, пригодная для культивирования и использования сырья исключительно в народной медицине. Для удобства использования в учебном процессе и проведения производственных практик у студентов фармацевтического и биологического направления, древесные лекарственные растения сформированы в условные группы, по их преимущественному воздействию на те, или иные функции организма.

Ключевые слова: зимостойкость, засухоустойчивость, естественное расселение, интродукция, адаптация, перспективность.

Abstract. *The aim of the work is to identify promising species of medicinal woody plants for recommendation to practical use in the reproduction of medicinal raw materials, as well as to use the obtained data in the educational process of students of biological specialties. The article presents the results of assessing the prospects of using medicinal woody plants. The objects of research were 65 species of woody plants of various ecological and geographical origin. A five-point scale of the Botanical Garden of Rostov University was used to assess the ecological and biological properties. Visual observations were conducted to assess the overall condition and vitality of medicinal woody plants. The main indicators of adaptation for these species are winter hardiness, drought resistance, resistance to diseases and pests, seed reproduction, and the ability to survive independently in local conditions. Three groups of prospects for the use of these species in culture have been identified. The obtained data are recommended for cultivation in culture for the reproduction of medicinal raw materials. A limited group of plant species is suitable for cultivation and use of raw materials exclusively in traditional medicine. For the convenience of use in the educational process and conducting production practices for students of the pharmaceutical and biological fields, woody medicinal plants are divided into conditional groups based on their predominant effect on certain body functions.*

Key words: *winter hardiness, drought resistance, natural dispersal, introduction, adaptation, prospects.*

Введение. В научно-образовательном центре Ботанического сада НИУ «БелГУ» в «Аптекарском огороде» собрана уникальная коллекция лекарственных трав, насчитывающая 600 таксонов. Помимо травянистых растений в фитотерапии используются и другие жизненные формы растений, а именно: деревья, кустарники и лианы. Древесные виды лекарственных растений находятся в коллекции дендрария, таксоны которого расположены по географическому принципу. Лекарственные древесные растения, наряду с травами, служат источником получения растительного сырья. В качестве сырья применяют почки, листья, корни, плоды и кору растений.

Для определения оценки характера роста и развития местных, и интродуцированных видов по устойчивости их к комплексу неблагоприятных факторов, были отобраны виды древесных лекарственных растений, демонстрирующие наивысшую концентрацию биологически активных веществ, действующих на организм человека. Лекарственное сырье данных видов издавна используется в официальной и народной медицине [4-5, 7-15].

Целью работы является выявление перспективных видов древесных лекарственных растений для рекомендации к практическому использованию в воспроизводстве лекарственного сырья и распределение их на условные группы по преимущественному воздействию на те или иные функции организма для использования в учебном процессе студентов.

Объекты и методы исследования. Объектами исследований служили 65 видов растений, различного эколого-географического происхождения. Для оценки основных эколого-биологических свойств древесных растений проводили по пятибалльной шкале, разработанной в Ботаническом саду Ростовского университета [1, 2]. Оценка способности интродуцента к расселению, как по репродуктивным так и по вегетативным признакам, проводилась по пятибалльной шкале В.П. Малеева [3], в модификации Ботанического сада Ростовского университета.

Окончательный балл по каждому свойству рассчитывался как средняя величина за все годы наблюдений. Степень адаптации вида определялась как отношение суммы фактических баллов к сумме максимально возможных баллов. Наблюдения проводились в 2004–2024 г.

Результаты исследования и обсуждение. Важнейшими свойствами видов, обеспечивающими адаптацию в новых условиях и пригодность их к использованию, являются: зимостойкость, засухоустойчивость, устойчивость к болезням и вредителям, репродуктивность и способность к самостоятельному существованию. В связи с этим нами проведены визуальные наблюдения за общим состоянием и жизнеспособностью лекарственных древесных растений. На основании проведённых исследований интродуцентам дана балльная оценка основных свойств, по которым изученные виды распределены на группы перспективности (таблица 1).

Таблица 1 – Оценка перспективности растений

№ п/п	Название растений,	Зимостойкость, балл	Засухоустойчивость, балл	Устойчив к болезням и вредителям, балл	Семенная репродуктивность	Коэффициент адаптации, %	Группа перспективности	Способность к естественному расселению и существованию
Actinidiaceae Gilg & Werderm. – актинидиевые								
1.	*Actinidia kolomicta* (Rupr. et Maxim.) Maxim.	3	4	5	3	75	2	
Anacardiaceae Lindl. – сумаховые								
2.	*Cotinus coggigria* Scop.	3	4	5	4	80	2	Э
Araliaceae Juss. – аралиевые								
3.	*Aralia mandshurica* Rupr. et. Maxim.	5	4	5	5	95	1	Пэ
4.	*Eleutherococcus senticosus* (Rupr. & Maxim.) Maxim.	5	4	5	4	90	1	
5.	*Eleutherococcus sessiliflorus* (Rupr. &Maxim.) S.Y.Hu	5	4	5	4	90	1	
Asteraceae Dumort. – астровые								
6.	*Artemisia abrotanum* L.	5	3	5	4	85	1	Пэ
Berberidaceae Torr. Et Gray – барбарисовые								
7.	*Berberis vulgaris* L.	5	4	5	4	90	1	Пэ
Betulaceae C. A. Agardh. – берёзовые								
8.	*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.	5	3	4	5	85	1	
9.	*Alnus incana* (L.) Moench.	5	4	5	3	85	1	Пэ
10.	*Betula pendula* Roth.	5	4	5	5	95	1	
Elaeagnaceae Lindl – лоховые								
11.	*Elaegnus angustifolia* L.	5	5	5	5	100	1	Э
12.	*Hippophae rhamnoides* L.	5	4	5	5	95	1	Э
Euphorbiaceae Juss – молочайные								
13.	*Securinega suffruticosa* (Pall.) Rehd.	5	5	5	4	95	1	Пэ
Fabaceae Lindl. – бобовые								
14.	*Amorpha fruticosa* L.	5	5	5	5	100	1	Э
15.	*Gleditsia triacanthos* L.	3	5	5	4	85	1	
16.	*Robinia pseudoacacia* L.	4	5	5	5	95	1	Э
Fagaceae A. Br. – буковые								
17.	*Quercus robur* L.	5	4	4	5	90	1	
Ginkgoaceae Engl.								
18.	*Ginkgo biloba* L.	5	3	5	1	70	3	
Grossulariaceae A. P. de Candolle – крыжовниковые								
19.	*Ribes nigrum* L.	5	4	4	5	90	1	
Hippocastanaceae D. C. – конскокаштановые								
20.	*Aeskulus hippocastanum* L.	5	4	5	5	95	1	
Juglandaceae Lindl – ореховые								
21.	*Juglans regia* L.	4	5	5	4	90	1	Пэ
Caprifoliaceae Vent. – жимолостные								
22.	*Sambucus racemosa* L.	5	4	3	5	85	1	
23.	*Sambucus nigra* L.	5	4	5	5	95	1	Э
24.	*Viburnum opulus* L.	5	3	5	4	85	1	
Cupressaceae Gray – кипарисовые								
25.	*Juniperus communis* L.	5	5	5	4	95	1	
Magnoliaceae Juss. – магнолиевые								
26.	*Magnolia kobus* DC.	4	3	5	2	70	3	
Moraceae Link. – тутовые								

27.	*Maclura pomifera* (Rafin.) Schneid.	3	4	5	3	75	2	
28.	*Morus alba* L.	5	5	5	4	95	1	Пэ
Oleaceae Lindl. – маслинные								
29.	*Syringa vulgaris* L.	5	4	5	4	90	1	Э
Pinaceae Lindl. – сосновые								
30.	*Abies sibirica* Ledeb.	5	3	4	3	75	2	
31.	*Picea abies* (L.) H.Karst.	5	4	3	4	80	2	
32.	*Pinus sylvestris* L.	5	5	5	5	100	1	
Rhamnaceae Juss – крушиновые								
33.	*Frangula alnus* Mill.	5	4	4	5	90	1	
34.	*Rhamnus cathartica* L.	5	4	4	5	90	1	
Rosaceae Juss. – розоцветные								
35.	*Armeniaca vulgaris* Lam.	4	5	4	5	90	1	Пэ
36.	*Aronia melanocarpa* (Michx.) Elliott.	5	4	5	5	95	1	Пэ
37.	*Cerasus avium* Moench.	5	4	4	5	90	1	Пэ
38.	*Cerasus vulgaris* Mill.	5	4	4	5	90	1	Э
39.	*Chaenomeles japonica* (Thunb.) Lindl.	5	4	5	5	95	1	Пэ
40.	*Chaenomeles maulei* (Mast.) C.K., Schneid.	5	4	5	5	95	1	Пэ
41.	*Crataegus sanguinea* Pall.	5	4	5	3	85	1	
42.	*Dasiphora fruticosa* (L.) O. Schwarz	5	5	5	4	95	1	
43.	*Malus silvestris* (L.) Mill.	5	4	4	5	90	1	
44.	*Padus avium* Mill.	5	3	5	5	90	1	
45.	*Prunus divaricata* Ledeb.	3	4	4	5	80	2	
46.	*Prunus spinosa* L.	5	5	4	5	95	1	
47.	*Pyrus communis* L.	5	4	5	5	95	1	
48.	*Pyrus elaeagnifolia* Pall.	4	5	4	4	85	1	
49.	*Rosa acicullaris* Lindl.	5	4	5	4	90	1	Пэ
50.	*Rosa canina* L.	5	5	5	4	95	1	
51.	*Rosa majalis* Herrm.	5	4	5	4	90	1	
52.	*Rosa rugosa* Thunb.	5	4	5	4	90	1	Пэ
53.	*Rubus idaeus* L.	5	4	5	3	85	1	
54.	*Sorbus aucuparia* L.	5	4	4	5	90	1	
Salicaceae Mirb. – ивовые								
55.	*Populus nigra* L.	5	3	5	5	90	1	
56.	*Populus tremula* L.	5	4	5	5	95	1	
57.	*Salix alba* L.	5	3	5	5	90	1	
58.	*Salix fragilis* L.	5	3	5	5	90	1	
59.	*Salix pentandra* L.	5	3	5	4	85	1	Пэ
Schisandraceae Blume – лимонниковые								
60.	*Schisandra chinensis* (Turcz.) Baill.	5	4	5	3	85	1	
Tamaricaceae Link - тамарисковые								
61.	*Tamarix ramosissima* Ledeb.	5	5	5	4	95	1	
Tiliaceae Inss. – липовые								
62.	*Tilia cordata* Mill.	5	4	5	5	95	1	
63.	*Tilia europaea* L.	5	4	5	5	95	1	Пэ
64.	*Tilia platyphylla* Scop.	5	4	4	5	90	1	Пэ
Vitaceae Lindl. – виноградовые								
65.	*Vitis vinifera* L.	4	5	5	5	95	1	Пэ

Большинство исследуемых растений (87,7%) относятся к наиболее перспективной группе для использования в культуре. Для них характерна высокая зимостойкость, засухоустойчивость и устойчивость к повреждениям вредителями и болезнями. Они ежегодно цветут, плодоносят и легко размножаются семенами. Многие виды данной группы обладают высокой побегообразовательной способностью, дают самосев и самостоятельно расселяются в местных условиях (таблица 1).

Эргазиофитами (Э) являются интродуценты, распространяющиеся за пределами коллекционного фонда, а также давно проникшие в природные сообщества области. Это виды американского происхождения (*Amorpha fruticose, Robinia pseudoacacia*); южноевропейско-центральноазиатский *Elaegnus angustifolia,* североазиатская *Hippophae rhamnoides,* средиземноморская *Sambucus nigra,* причём данные виды заняли позицию сорняков. Остальные эргазиофиты (*Cerasus vulgaris, Syringa vulgaris*) не оказывают вредного влияния на местную дендрофлору. Вытеснения местных растений, за счет

внедрения данных видов в фитоценозы, не происходит.

К потенциальным эргазиофитам (Пэ) отнесли виды, дающие самосев и/или вегетативно подвижные в пределах высаженных таксонов, не получившие широкое распространение в регионе и не внедрившиеся в естественные фитоценозы Белгородской области. Вегетативно подвижными проявили себя такие лекарственные растения как *Aralia mandshurica, Securinega suffruticosa, Aronia melanocarpa,* виды рода *Chaenomeles, Rosa,* распространившиеся за пределы высаженного таксона. Самосев отмечен у видов *Juglans regia, Morus alba, Berberis vulgaris* и др.

К перспективной группе отнесли 6 видов растений (9,2%). В отдельные годы у них наблюдалось незначительное подмерзание побегов (*Actinidia kolomicta, Cotinus coggigria, Maclura pomifera, Prunus divaricate*). Менее засухоусточивыми являются *Abies sibirica, Picea abies.* Слабые повреждения от вредителей и болезней отмечены у рода *Prunus, Abies, Picea*. Не смотря на повреждения, данные виды успешно вегетируют, быстро восстанавливаются после суровых зим, цветут и плодоносят. К эргазиафитом отнесли *Cotinus coggigria,* которая легко распространяется семенным и вегетативным путем по территории Ботанического сада, а также в искусственных насаждениях Белгородской области.

К ограниченной для использования в культуре группе отнесли 2 вида (3,1%): *Ginkgo biloba, Magnolia kobus.* Это Восточноазиатские растения муссонного климата с повышенной влажностью воздуха. Растут и развиваются в условиях умеренно континентального климата медленно, в Ботаническом саду *Magnolia kobus* в генеративную стадию впервые вступила в 2005 году, в возрасте 25 лет. Данные виды пригодны для культивирования, однако требуют дополнительного ухода.

Данные виды растений используются для проведения учебных практик у студентов, изучающих фармакогнозию. Для удобства их изучения все древесные лекарственные растения, так же, как и травянистые сформированы в условные группы, по их преимущественному воздействию на те, или иные функции организма [6].

Растения, стимулирующие и тонизирующие центральную нервную систему:

Abies sibirica Ledeb. – Пихта сибирская
Acanthopanax sessiliflorus (Rupr.et Maxim.) Seem. – Акантопанакс сидячецветковый
Aralia manshurica Rupret Maxim. – Аралия маньчжурская
Eleutherococcus senticosus Maxim. – Элеутерококк колючий
Schizandra chinensis (Turcz.) Baill. – Лимонник китайский
Securinega suffruticosa (Pall.) Rehd. – Секуринега полукустарниковая

Растения, успокаивающего действия:

Amorpha fruticosa L. – Аморфа кустарниковая
Dasiphora fruticosa (L.) O. Schwarz – Курильский чай кустарниковый

Растения, вяжущего и противовоспалительного действия:

Alnus glutinosa (L.) Gaertn. – Ольха черная
Alnus incana (L.) Moench – Ольха серая
Chaenomeles japonica (Thunb.) Lindl. – Хеномелес японский
Chaenomeles maulei (Mast.) C.K., Schneid. – Хеномелес Маулея
Cotinus coggigria Scop. – Скумпия кожевенная
Elaegnus angustifolia L. – Лох узколистный
Juglans regia L. – Орех грецкий
Populus nigra L. – Тополь черный
Pyrus communis L. – Груша обыкновенная
Quercus robur L. – Дуб черешчатый
Ribes nigra L. – Черная смородина
Robinia pseudoacacia L. – Робиния ложноакациевая
Rosa acicularis Lindl. – Роза иглистая
Rosa canina L. – Роза собачья
Rosa cinnamomea L. – Роза коричная
Rosa rugosa Thanb. – Роза морщинистая
Rubus iedaelus L. – Малина обыкновенная
Sambucus nigra L. – Бузина черная
Sambucus racemosa L. – Бузина красная
Tilia cordata Mill. – Липа сердцевидная
Tilia europaea L. – Липа европейская
Tilia platyphylla Scop. – Липа крупнолистная

Растения, используемые при заболеваниях органов пищеварительной системы:

Frangula alnus Mill. – Крушина ломкая

Gleditsia triacanthos L. – Гледичия трехколючковая
Malus silvestris Mill – Яблоня лесная
Padus avium Mill. – Черемуха кистевая
Prunus spinosa L. – Слива колючая
Rhamnus cathartica L. – Жостер слабительный
Salix alba L. – Ива белая
Salix fragilix L. – Ива ломкая
Sorbus aucuparia L. – Рябина обыкновенная
Vitis vinifera L. – Виноград винный

Растения, применяемые при заболеваниях сердца и нормализующие кровяное давление:
Armeniaca vulgaris Lam. – Абрикос обыкновенный
Aronia melanocarpa (Michx.) Elliott. – Арония черноплодная
Crataegus sanguinea Pall. – Боярышник кроваво-красный
Ginkgo biloba L. – Гинго двулопастный
Maclura pomifera (Rafin.) Schneid. – Маклюра оранжевая
Magnolia kobus DC. – Магнолия Кубус

Растения мочегонного действия:
Aesculus hippocastanum L. – Конский каштан
Artemisia abrotanum L. – Полынь древовидная
Berberis vulgaris L. – Барбарис обыкновенный
Betula pendula Roth. – Береза бородавчатая
Cerasus avium Moench. – Вишня птичья
Cerasus vulgaris Mill. – Вишня обыкновенная
Juniperus communis L. – Можжевельник обыкновенный
Morus alba L. – Шелковица белая
Picea abies (L.) Karst. – Ель обыкновенная
Pinus silvestris L. – Сосна обыкновенная
Prunus divaricata Ledeb. – Слива растопыренная
Pyrus elaeagnifolia Pall. – Груша лохолистная
Syringa vulgaris L. – Сирень обыкновенная
Viburnum opulus L. – Калина обыкновенная

Растения кровоостанавливающего действия:
Populus tremula L. – Осина обыкновенная
Salix pentandra L. – Ива пятитычинковая
Tamarix ramosissima Ledeb. – Гребенщик ветвистый

Растения, противоопухолевого и противобактериального действия:
Actinidia kolomicta (Rupr. et Maxim.) Maxim. – Актинидия коломикта
Hippophae rhamnoides L. – Облепиха крушиновидная

Работы проводятся на базе УНУ Ботанический сад Белгородского государственного национального исследовательского университета (https://ckp-rf.ru/usu/200997/).

Заключение. В результате многолетних интродукционных исследований выявлены перспективные виды, которые можно использовать для выращивания в культуре для воспроизводства лекарственных растений.

Некоторые виды (*Ginkgo biloba, Magnolia kobus*), относящиеся к ограниченной для использования группе, пригодны для культивирования и использования сырья исключительно в народной медицине.

Все исследованные растения служат учебной базой для изучения биологических особенностей, способах применения, заготовки и использования частей растений при различных заболеваниях.

Для удобства использования в учебном процессе, данные виды распределены на 8 условных групп по их преимущественному воздействию на те, или иные функции организма.

Список литературы

1. Козловский Б.Л., Огородников А.Я., Огородникова Т.К., Куропятников М.В., Федоринова О.И. Цветковые древесные растения Ботанического сада Ростовского университета (экология, биология, география). Ростов н./Д., 2000. – 144 с.

2. Козловский Б.Л. Фенология цветковых древесных растений, интродуцированных в Ботаническом саду РГУ // Роль ботанических садов в сохранении биоразнообразия Ростов н./Д.: Изд-во «Гефест», 1998. – С. 59-65.

3. Малеев В.П. Теоретические основы акклиматизации. Л.: Изд-во с.-х. и колхоз. – кооп. лит., 1933. – 168

с.

4. Сидельников Н.И. Актуальные направления изучения перспективных видов лекарственных растений. // Ведомости Научного центра экспертизы средств медицинского применения. Регуляторные исследования и экспертиза лекарственных средств. – 2024. – № 14(2). – С. 128-131.

5. Сорокопудов В.Н. Дикорастущие лекарственные растения юго-запада Среднерусской возвышенности (ареал, биология, химический состав, применение, препараты): монография / В.Н. Сорокопудов, О.О. Новиков, Н.Н. Нетребенко, Д.И. Писарев, В.В. Тохтарь, О.А. Сорокопудова, М.Ю. Третьяков. – М.: РАМН, 2009. – 152 с.

6. Тохтарь В.К., Мартынова Н.А., Шевченко И.В. Лекарственные растения, произрастающие в коллекции Ботанического сада НИУ «БелГУ», их свойства и правила применения: учебно-методическое пособие // Белгород: ИД Белгород НИУ «БелГУ», 2017. – 124 с.

7. Bernstein P.S., Khachik F., Carvalho L.S., Muir G.J., Zhao D.-Y., Katz N.B. Identification and quantitation of carotenoids and their metabolites in the tissues of the human eye // Exp. Eye Res.— 2001. — № 72. — Pp. 215—223.

8. Chandra RV, Prabhuji ML, Roopa DA, Ravirajan S, Kishore HC Efficacy of lycopene in the treatment of gingivitis: a randomised, placebo-controlled clinical trial Oral Health Prev Dent. – 2007. № 5(4). — Pp. 327-36.

9. Devaraj S, Mathur S, Basu A, Aung HH, Vasu VT, Meyers S, Jialal I. A dose-response study on the effects of purified lycopene supplementation on biomarkers of oxidative stress. J Am Coll Nutr. – 2008. № 27(2). – Pp. 267-73.

10. Dherani M. Blood levels of vitamin C, carotenoids and retinol are inversely associated with cataract in a North Indian population.Invest Ophthalmol Vis Sci. – 2008. № 49(8). – Pp. 3328-35.

11. Elaine W-T Chong Dietary antioxidants and primary prevention of age related macular degeneration: systematic review and meta-analysis BMJ. — 2007. — № 335(7623). — P. 755.

12. Gohil K, Packer L. Global gene expression analysis identifies cell and tissue specific actions of Ginkgo biloba extract. EGb 761. Cell Mol Biol. – 2002. – № 48. – Pp. 625 – 632.

13. Kang JH, Pasquale LR, Willett W, Rosner B, Egan KM, Faberowski N, Hankinson SE Antioxidant intake and primary open-angle glaucoma: a prospective study. Am J Epidemiol. – 2003. – №158(4). – Pp. 337-46.

14. Khachik F., Bernstein P.S.,Garland D.L. Identification of lutein and zeaxantin oxidation products in human and monkey retinas // Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. – 1997. № 38. – Pp.1802—1811

15. Venket Rao, PhD and Sanjiv Agarwal, PhD Role of Antioxidant Lycopene in Cancer and Heart Disease Journal of the American College of Nutrition, Vol. – 2000. – № 5. – Pp. 563—569

References

1. Kozlovsky B.L., Ogorodnikov A.Ya., Ogorodnikova T.K., Kuropiatnikov M.V., Fedorinova O.I. Flowering woody plants of the Botanical Garden of Rostov University (ecology, biology, geography). Rostov n / D., 2000. - 144 p.

2. Kozlovsky B.L. Phenology of flowering woody plants introduced in the Botanical Garden of RSU // The role of botanical gardens in biodiversity conservation Rostov n / D.: Gefest Publishing House, 1998. - Pp. Theoretical foundations of acclimatization. Leningrad: Publishing house of agricultural and collective farm - cooperative literature, 1933. - 168 p.

4. Sidelnikov N.I. Current Directions in the Study of Promising Species of Medicinal Plants. // Bulletin of the Scientific Center for Expertise of Medical Products. Regulatory Research and Expertise of Medicines. - 2024. - No. 14 (2). - P. 128-131.

5. Sorokopudov V.N. Wild Medicinal Plants of the Southwest of the Central Russian Upland (Habitat, Biology, Chemical Composition, Use, Preparations): Monograph / V.N. Sorokopudov, O.O. - Moscow: RAMS, 2009. - 152 p.

6. Tokhtar V.K., Martynova N.A., Shevchenko I.V. Medicinal plants growing in the collection of the Botanical Garden of Belgorod State University, their properties and rules of application: a teaching aid // Belgorod: Belgorod Scientific and Production Association of Belgorod State University, 2017. – 124 p. 7. Bernstein P.S., Khachik F., Carvalho L.S., Muir G.J., Zhao D.-Y., Katz N.B. Identification and quantitation of carotenoids and their metabolites in the tissues of the human eye // Exp. Eye Res.— 2001. — № 72. — Pp. 215—223.

8. Chandra RV, Prabhuji ML, Roopa DA, Ravirajan S, Kishore HC Efficacy of lycopene in the treatment of gingivitis: a randomised, placebo-controlled clinical trial Oral Health Prev Dent. – 2007. № 5(4). — Pp. 327-36.

9. Devaraj S, Mathur S, Basu A, Aung HH, Vasu VT, Meyers S, Jialal I. A dose-response study on the effects of purified lycopene supplementation on biomarkers of oxidative stress. J Am Coll Nutr. – 2008. № 27(2). – Pp. 267-73.

10. Dherani M. Blood levels of vitamin C, carotenoids and retinol are inversely associated with cataract in a North Indian population.Invest Ophthalmol Vis Sci. – 2008. № 49(8). – Pp. 3328-35.

11. Elaine W-T Chong Dietary antioxidants and primary prevention of age related macular degeneration: systematic review and meta-analysis BMJ. — 2007. — № 335(7623). — P. 755.

12. Gohil K, Packer L. Global gene expression analysis identifies cell and tissue specific actions of Ginkgo biloba extract. EGb 761. Cell Mol Biol. – 2002. – № 48. – Pp. 625 – 632.

13. Kang JH, Pasquale LR, Willett W, Rosner B, Egan KM, Faberowski N, Hankinson SE Antioxidant intake and primary open-angle glaucoma: a prospective study. Am J Epidemiol. – 2003. – №158(4). – Pp. 337-46.

14. Khachik F., Bernstein P.S.,Garland D.L. Identification of lutein and zeaxantin oxidation products in human and monkey retinas // Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. – 1997. № 38. – Pp.1802—1811

15. Venket Rao, PhD and Sanjiv Agarwal, PhD Role of Antioxidant Lycopene in Cancer and Heart Disease Journal of the American College of Nutrition, Vol. – 2000. – № 5. – Pp. 563—569

10.52671/26867591_2026_1_104
УДК 631.811

ДЕЙСТВИЕ ФОСФОРНЫХ НЕКОРНЕВЫХ ПОДКОРМОК НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ АРИДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

НИДЖЛЯЕВА И.А.[1], канд. с.-х. наук, доцент
ОЧИРОВА Е.Н.[1], канд. с.-х. наук, доцент
МОРОЗ Н.Н.[1], канд. с.-х. наук, доцент
ТЮЛЮМДЖИЕВА О.С.[1], канд. с.-х. наук, доцент
ОЧИРОВ В.В.[2], канд. хим. наук, ст. науч. сотрудник
[1]ФГБОУ ВО «Калмыцкий государственный университет им. Б.Б. Городовикова», г. Элиста, Россия
[2]Филиал ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Элиста, Россия

EFFECT OF PHOSPHORUS FOLIAR FEEDING ON THE PRODUCTIVITY OF SPRING WHEAT IN ARID TERRITORIES

NIDZHLYAEVA I.A.[1], Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor
OCHIROVA E.N.[1], Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor
MOROZ N.N.[1], Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor
TYULUMDZHIEVA O.S.[1], Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor
OCHIROV V.V.[2], Candidate of Chemical Sciences, Senior Researcher
[1]Kalmyk State University named after B.B. Gorodovikov, Elista, Russia
[2]Branch of the Federal Scientific Center for Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A.N. Kostyakov, Elista, Russia

Аннотация. Целью исследований было выявление наиболее оптимальных вариантов некорневых подкормок при возделывании яровой пшеницы в условиях засушливого климата. Объектом исследований была яровая пшеница. Работа выполнялась с 2022 по 2024 годы на опытном поле Калмыцкого филиала ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова». В статье приведены данные по особенностям некорневых подкормок яровой пшеницы сорта Альбидум 62 в условиях Республики Калмыкия. Для этого региона характерно постепенное изменение климата, которое выражается в нарастании его континентальности. Предшественники в опыте – пшеница и многолетние травы. Подготовка почвы под посев яровой пшеницы – общепринятая для зоны возделывания. Система удобрений предусматривала основное внесение фосфорсодержащих некорневых подкормок жидким комплексным удобрением в фазе выхода в трубку. Норма высева – 3 млн/га по всем агрофонам, глубина заделки семян – 4-5 см, площадь делянки – 200 м², повторность опыта трехкратная. Экспериментальные исследования проводили в 2022-2024 годах. Результаты исследований позволили установить, что в засушливых условиях система некорневых подкормок яровой пшеницы должна строиться на количестве доступных фосфатов в почве. При низком содержании этого элемента востребована подкормка жидким комплексным удобрением дозой после различных предшественников 30 кг/га в физическом весе в фазе выхода в трубку. При этом рост урожайности составляет 20% в среднем по предшественникам.

Ключевые слова: яровая пшеница, минеральные удобрения, некорневые подкормки, жидкое комплексное удобрение, урожайность, содержание белка.

Abstract. *The aim of the research was to identify the most optimal foliar feeding options for spring wheat cultivation in arid climates. The study focused on spring wheat. The work was conducted from 2022 to 2024 at the experimental field of the Kalmyk branch of the A.N. Kostyakov All-Russian Research Institute of Hydrometeorology and Microbiology. The article presents data on the characteristics of foliar top dressing of Albidum 62 spring wheat in the Republic of Kalmykia. This region is characterized by a gradual climate change, which is expressed in the increase of its continentality. The precursors in the experiment are wheat and perennial grasses. Preparation of the soil for sowing spring wheat is generally accepted for the cultivation area. The fertilizer system provided for the main application of phosphorus-containing foliar fertilizers with a liquid complex fertilizer in the phase of entering the tube. The seeding rate is 3 million per hectare for all agricultural areas, the seed depth is 4-5 cm, the area of the plot is 200 m2, the repetition of the experiment is threefold. Experimental studies were conducted in 2022-2024. The research results allowed us to establish that in arid conditions, the system of foliar fertilization of spring wheat should be based on the amount of available phosphates in the soil. With a low content of this element, top dressing with a liquid complex fertilizer with a dose of 30 kg/ha in physical weight after various precursors in the tube phase is in demand. At the same time, the yield growth is 20% on average for the predecessors.*

Keywords: *spring wheat, mineral fertilizers, foliar feeding, liquid complex fertilizer, yield, protein content.*

Введение. Известно, что в засушливых условиях эффективность действия фосфорных удобрений выше азотных. При этом, чем меньше влагообеспеченность растений, тем больше

относительные прибавки урожая от внесения фосфорных удобрений. Так, по данным французских исследователей, при количестве осадков в критический период для злаковых культур больше средней многолетней нормы на 20-30 % урожай зерна увеличивался от внесения фосфорных удобрений на 9-12%, а при количестве осадков на 30-45% меньше нормы − на 21-30% [2, 7, 11, 17].

На основании анализа данных литературы о механизмах передвижения ионов питательных солей в почве к корням, изменении концентрации основных элементов минерального питания в тканях и значении фосфора и калия в водном режиме растений нами было сделано предположение о том, что повышение относительной эффективности фосфорных удобрений в засушливых условиях происходит не в результате увеличения потребности растений в этом элементе, а вследствие того, что под действием засухи передвижение фосфора и калия в почве к корням тормозится в большей мере, чем передвижение нитратов. Такое действие засухи на поступление элементов питания в растение связано с различиями в механизмах передвижения ионов к корням. Известно, например, что ионы фосфора и калия передвигаются в почве путем диффузии, а ионы нитратов − в основном путем массового потока, зависящего от интенсивности транспирации растений. Снижение влажности почвы ухудшает условия для диффузии ионов и приводит к уменьшению поступления в корни фосфатов и других элементов минерального питания, передвигающихся к корням этим путем. В результате при дефиците влаги в почве содержание фосфора в тканях растений уменьшается. Так, в вегетационных опытах с подсолнечником под действием дефицита влаги (40 % ППВ) содержание фосфора в листьях снижалось в среднем на 20%. С повышением влажности почвы, в частности при орошении, потребление растениями фосфора (и концентрация его в тканях) увеличивается, а потребление азота отстает от него [1, 5, 16].

Водный стресс не только тормозит поглощение фосфора корнями, но и задерживает передвижение его из корней в надземные органы, что было показано в опытах с применением радиоактивного фосфора ^{32}P на кукурузе при снижении влажности почвы до 25 % ППВ и более и в опыте с подсолнечником, где водный стресс создавали путем повышения осмотического давления питательного раствора до 5,4 атм [3, 14, 18].

В отличие от процесса поглощения фосфора процесс поглощения растениями азота из почвы более устойчив. Так, если при дефиците влаги в почве поглощение фосфора тормозится, то поглощение нитратов путем массового потока продолжается, что способствует повышению концентрации азота в тканях растений, то есть отношение N : P изменяется в сторону его увеличения. Это усугубляет действие засухи и приводит к еще большим нарушениям в обмене веществ растения и ухудшению его водного режима [4, 9].

Методы исследования. Мы изучали действие фосфорных некорневых подкормок в полевых опытах в 2022-2024 годах.

Полевые опыты проводили на полях Калмыцкого филиала ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова». Было поставлено два опыта с яровой пшеницей сорта Альбидум 62, выращиваемой по разным предшественникам.

В опыте, где предшественником была пшеница, размер делянок составлял 200 м^2, а учетная площадь − 100 м^2. Двукратное опрыскивание вытяжкой из суперфосфата (в сумме 15, 30 или 45 кг/га P_2O_5) проводили с помощью ранцевого опрыскивателя в фазы выхода в трубку и колошения. Контрольные растения опрыскивали водой.

В другом полевом опыте, в котором в качестве предшественника пшеницы использовали многолетние травы, некорневые фосфорные подкормки проводили теми же дозами фосфора, что и в опыте с предшественником − пшеницей, в фазу выхода растений в трубку. При этом использовали тракторный опрыскиватель со штангой. Урожай убирали прямым комбайнированием.

Результаты исследования. Калмыкия расположена в экологически экстремальных условиях юго-востока европейской части России, в зоне контакта аридных и семиаридных ландшафтов. По климатическим параметрам большая часть территории Калмыкии относится к умеренно аридной зоне.

Большая часть территории Калмыкии отнесена к водосборному каспийскому бассейну, представленному практически бессточной областью, аридной территорией, для которой количество и качество воды являются факторами, лимитирующими состояние естественных экосистем, хозяйственную деятельность, демографическую ситуацию и здоровье населения.

Считается, что положительное действие фосфорных удобрений на растения в условиях засухи в значительной мере обусловлено влиянием фосфора на состояние воды в клетках и их водоудерживающую способность. При улучшении обеспеченности растений фосфором увеличивается содержание коллоидно-связанной воды в тканях, что ведет к повышению устойчивости клеточных коллоидов, предохранению их от коагуляции [10].

Нами было сделано предположение о том, что с помощью фосфорных некорневых подкормок в какой-то мере можно смягчить отрицательное действие засухи на растения. По имеющимся данным, листья способны к поглощению и включению фосфора в обмен веществ, причем поглощение фосфора происходит независимо от его содержания в листьях [6, 12, 13].

В наших исследованиях в полевом опыте, в котором пшеницу сеяли по пшенице, урожайность зерна увеличивалась под влиянием фосфорных некорневых подкормок на 1,5-1,9 ц/га (при урожайности в контроле 12,6 ц/га), а в опыте, где в качестве предшественника пшеницы использовали многолетние травы − на 1,4-1,5 ц/га (при урожайности в контроле 8,7 ц/га), что составляло 14-17% от контроля (табл. 1). При этом четких различий по эффективности действия подкормок в зависимости

от их дозы не отмечалось. Что касается содержания белка в зерне, то наблюдалась тенденция к повышению белковости зерна под влиянием фосфорных подкормок.

Итак, фосфорные некорневые подкормки, проводимые в условиях засухи, оказывают положительное воздействие на продуктивность яровой пшеницы, причем эффективность их увеличивается с повышением уровня азотного питания. С другой стороны, действие некорневых фосфорных подкормок ослабляется, если в почву предварительно были внесены повышенные дозы фосфора или удобрения вносились локально (лентой). Все это свидетельствует о том, что в условиях дефицита влаги действие почвенной засухи усиливается вследствие недостатка фосфора в тканях растений, что, в свою очередь, является результатом торможения поступления фосфора в растения. Важно отметить, что фосфорные подкормки не оказывают какого-либо определенного действия на содержание белка в зерне: в наших вегетационных опытах отмечена тенденция к снижению белковости зерна при фосфорных подкормках, а в полевых − к повышению.

Таблица 1− Урожайность зерна яровой пшеницы сорта Альбидум 62 и содержание сырого белка в зерне в условиях засухи в зависимости от фосфорных некорневых подкормок и предшественника (полевые опыты)

Вариант опыта	Предшественник − пшеница		Предшественник − многолетние травы	
	урожайность зерна, ц/га	содержание белка в зерне, %	урожайность зерна, ц/га	содержание белка в зерне, %
Контроль	12,6	13,55	8,7	11,51
15 кг/га P_2O_5 (подкормка)	14,5	13,95	10, 1	11,62
30 кг/га P_2O_5 (подкормка)	14 , 1	14,64	10, 1	12,48
4 5 кг/га P_2O_5 (подкормка)	14,4	15,34	10,2	12, 19
$НСР_{05}$, ц/га	1,2		1,4	

Заключение. Таким образом, из полученных данных следует, что система некорневых подкормок яровой пшеницы сорта Альбидум 62 в условиях засушливого климата Республики Калмыкия должна строиться на количестве доступных фосфатов в почве. При низком содержании этого элемента востребована подкормка жидким комплексным удобрением дозой 30 кг/га в физическом весе в фазе выхода в трубку. При этом рост урожайности составляет 20%. По содержанию белка в зерне наблюдалась тенденция к повышению этого показателя. Полученные результаты указывают на перспективность и целесообразность проведения более широких опытов с фосфорными подкормками пшеницы и других злаков в зонах, в которых чаще всего наблюдаются засухи (особенно в Калмыкии, где почвы отличаются низким содержанием доступного фосфора).

Список литературы

1. Анка М., Серегина И.И. Влияние биорегуляторов роста на биохимический состав зерна яровой пшеницы // Современные проблемы агрохимии, агропочвоведения и агроэкологии: мат. 56-й Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием молодых ученых, специалистов-агрохимиков и экологов, посвященной 150-летию со дня рождения академика Константина Каэтановича Гедройца. – М.: ВНИИА, 2022. – С. 7-11.

2. Бабкенова С. А., Бабкенов А. Т., Кияс А. А. Влияние различных предшественников при минимальной технологии возделывания яровой мягкой пшеницы на развитие септориоза в условиях северного Казахстана // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. − 2020. − № 1 (43). − С. 7–11.

3. Беленков А. И., Аббас Убайд А. А.-Г. Приемы возделывания зерновых культур в длительном полевом опыте РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева // Владимирский земледелец. − 2023. − № 1 (103). − С. 4–12.

4. Бирюкова О.В., Бирюков К.Н., Кадушкина В.П. Влияние агротехнических приемов и экологических условия на качество зерна яровой твердой пшеницы // Зернобобовые и крупяные культуры. − 2020. − № 2 (34). – С. 103-108.

5. Васин В.Г., Стрижаков А.О., Рухлевич Н.В., Смирнов А.С. Влияние системы применения удобрительных смесей МЕГАМИКС на фотосинтетическую деятельность и продуктивность посевов яровой пшеницы // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2023. − 1(45). С.89-96.

6. Воронин Д.М)Эффективность листовых подкормок микроэлементным удобрением мегамикс-профи в повышении продуктивности озимой пшеницы// Современные проблемы агрохимии, агропочвоведения и агроэкологии: мат. 56-й Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием молодых ученых, специалистовагрохимиков и экологов, посвященной 150-летию со дня рождения академика Константина Каэтановича Гедройца. – М.: ВНИИА, 2022. – С. 44-50.

7. Исайчев В. А., Андреев Н. Н., Мударисов Ф. А. Влияние жидких минеральных удобрений на продукционные процессы яровой пшеницы // Аграрный вестник Верхневолжья. – 2021. – № 2(35). – С. 15-20.

8. Лазарев В.И., Минченко Ж.Н., Башкатов А.Я., Трутаева Н.Н. Эффективность некорневых подкормок гуминовыми препаратами яровой пшеницы в почвенно-климатических условиях Курской области // Агрохимия. – 2022. − № 8. С.51-58.

9. Ляшков И.В., Бирюков К.Н., Грабовец А.И., Коваленко С.А. Агроэкологическая оценка применения некорневых подкормок на яровой пшенице в условиях меняющегося климата // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2022. − 3(43). – С. 66-72.

10. Макаров М.Р., Макаров В.М. Зависимость урожайности пшеницы яровой от доз и сочетаний минеральных удобрений и некорневых подкормок // Современные научные исследования и инновации. − 2024. − № 8 [Электронный ресурс]. URL: https://web.snauka.ru/issues/2024/08/102482.

11. Нестеренко В.А., Лапушкин В.М. Влияние обеспеченности почв подвижным фосфором и доз азотных удобрений на формирование урожая и качество яровой пшеницы // Агрохимический вестник − 2021. − № 1. – С. 38-42.

12. Плескачёв Ю.Н., Мазиров М.А., Киричкова И В., Серёгина Н. В. Урожайность и качество зерна яровой пшеницы в зависимости от сорта и некорневых подкормок // Владимирский земледелец. − 2025. − № 2.– С. 45–50.

13. Тютюма Н. В., Петров Н. Ю., Зверева Г. Н., Шершнев А. А. Возделывание зерновых культур на юге России // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. − 2024. − № 1 (59). − С. 8–12.

14. Усовершенствованная агротехнология яровой пшеницы на основе применения некорневых подкормок микроэлементами в хелатной форме и стимуляторами роста в условиях южной лесостепи Западной Сибири: рекомендации. ФГБНУ «Омский АНЦ». – Омск: Изд-во ИП Макшеевой Е.А., 2020. − 24 с.

15. Чонгера А., Мамаду Б., Ньмбосе Джозеф, Басакин М. П., Политыко П. М., Ребух Назих Ясер, Веденский В. В. Влияние технологий возделывания и применения минеральных удобрений на урожайность и качество сортов озимой пшеницы в Нечерноземной зоне России // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. − 2023. − № 2 (56). − С. 22–30.

16. Cite the Article: Meena Pandey, Jiban Shrestha, Subash Subedi, Kabita Kumari Shah (2020). Role of Nutrients in Wheat: A Review. Tropical Agrobiodiversity, 1(1): 18-23.

17. Perederieva, V. M. The influence predecessor and main processing of ground under winter wheat on optimization agrofitocenoza / V.M. Perederieva, O.I. Vlasova // European journal of natural history. – № 3. – 2006. – P. 106-108.

18. Zhang, Q. Effects of cover crop and N fertilization on soil moisture and crop yield in a dryland winter wheat field / Q. Zhang, J. Wang // Agricultural Research in the Arid Areas. – 2019. – Vol. 36 (6). – P. 120-124.

References

1. Anka M., Seregina I.I. The influence of growth bioregulators on the biochemical composition of spring wheat grain // Modern problems of agrochemistry, agrosoil science and agroecology: Proceedings of the 56th All-Russian scientific and practical conference with international participation of young scientists, agricultural chemists and ecologists, dedicated to the 150th anniversary of the birth of Academician Konstantin Kaetanovich Gedroits. - M .: VNIIA, 2022. - Pp. 7-11.

2. Babkenova S. A., Babkenov A. T., Kiyas A. A. The influence of various predecessors with minimum technology cultivation of spring soft wheat on the development of septoria in the conditions of northern Kazakhstan // Theoretical and applied problems of the agro-industrial complex. - 2020. - No. 1 (43). - Pp. 7-11.

3. Belenkov A. I., Abbas Ubaid A. A.-G. Methods of cultivating grain crops in a long-term field experiment of the Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K. A. Timiryazev // Vladimirsky Zemledelets. - 2023. - No. 1 (103). - P. 4–12.

4. Biryukova O. V., Biryukov K. N., Kadushkina V. P. Influence of agrotechnical practices and environmental conditions on the quality of spring durum wheat grain // Grain legumes and cereal crops. - 2020. - No. 2 (34). - P. 103–108.

5. Vasin V. G., Strizhakov A. O., Rukhlevich N. V., Smirnov A. S. The Impact of the MEGAMIX Fertilizer Mixture Application System on Photosynthetic Activity and Productivity of Spring Wheat Crops // Grain Legumes and Cereal Crops. - 2023. - 1 (45). Pp. 89-96.

6. Voronin D.M.) Efficiency of Foliar Applications of Megamix-Profi Microelement Fertilizer in Increasing Winter Wheat Productivity // Modern Problems of Agrochemistry, Agro-Soil Science, and Agroecology: Proceedings of the 56th All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation of Young Scientists, Agricultural Chemists, and Ecologists, Dedicated to the 150th Anniversary of the Birth of Academician Konstantin Kaetanovich Gedroits. - Moscow: VNIIA, 2022. - Pp. 44-50.

7. Isaichev V. A., Andreev N. N., Mudarisov F. A. Influence of liquid mineral fertilizers on the production processes of spring wheat // Agrarian Bulletin of the Upper Volga Region. - 2021. - No. 2 (35). - P. 15-20.

8. Lazarev V. I., Minchenko Zh. N., Bashkatov A. Ya., Trutaeva N. N. Efficiency of foliar feeding of spring wheat with humic preparations in soil and climatic conditions of the Kursk region // Agrochemistry. - 2022. - No. 8. P. 51-58.

9. Lyashkov I. V., Biryukov K. N., Grabovets A. I., Kovalenko S. A. Agroecological assessment of the use of foliar feeding on spring wheat under changing climate conditions // Grain legumes and cereal crops. - 2022. - 3 (43). - P. 66-72.

10. Makarov M.R., Makarov V.M. Dependence of spring wheat yield on doses and combinations of mineral fertilizers and foliar feeding // Modern scientific research and innovation. - 2024. - No. 8 [Electronic resource]. URL: https://web.snauka.ru/issues/2024/08/102482.

11. Nesterenko V.A., Lapushkin V.M. The influence of soil availability of mobile phosphorus and doses of nitrogen fertilizers on yield formation and quality of spring wheat // Agrochemical Bulletin - 2021. - No. 1. - P. 38-42.

12. Pleskachev Yu.N., Mazirov M.A., Kirichkova I.V., Seregina N.V. Yield and grain quality of spring wheat depending on the variety and foliar feeding // Vladimirsky Zemledelets. - 2025. - No. 2. - P. 45-50.

13. Tyutyuma N.V., Petrov N.Yu., Zvereva G.N., Shershnev A.A. Cultivation of grain crops in the south of Russia // Theoretical and applied problems of the agro-industrial complex. − 2024. − No. 1 (59). − P. 8–12.

14. Improved agrotechnology of spring wheat based on the use of foliar feeding with chelated microelements and growth stimulants in the conditions of the southern forest-steppe of Western Siberia: recommendations. FGBNU "Omsk Scientific Center". - Omsk: Publishing house of IP Maksheeva E.A., 2020. − 24 p.

15. Chongera A., Mamadou B., Nymbose Joseph, Basakin M.P., Polityko P.M., Rebukh Nazikh Yaser, Vedensky V.V. The influence of cultivation technologies and the use of mineral fertilizers on the yield and quality of winter wheat varieties in the Non-Chernozem zone of Russia // Theoretical and applied problems of the agro-industrial complex. − 2023. − No. 2 (56). − P. 22–30.

16. Cite the Article: Meena Pandey, Jiban Shrestha, Subash Subedi, Kabita Kumari Shah (2020). Role of Nutrients in Wheat: A Review. Tropical Agrobiodiversity, 1(1): 18-23.

17. Perederieva, V. M. The influence predecessor and main processing of ground under winter wheat on optimization of agrofitocenoza / V.M. Perederieva, O.I. Vlasova // European journal of natural history. – No. 3. – 2006. – P. 106-108.

18. Zhang, Q. Effects of cover crop and N fertilization on soil moisture and crop yield in a dryland winter wheat field / Q. Zhang, J. Wang // Agricultural Research in the Arid Areas. – 2019. – Vol. 36(6). – P. 120-124.

10.52671/26867591_2026_1_108
УДК 581.143.6:635.925

ПРИМЕНЕНИЕ МИКОРИЗОФОРМИРУЮЩИХ ПРЕПАРАТОВ НА ЭТАПАХ АДАПТАЦИИ И ДОРАЩИВАНИЯ ПРИ КЛОНАЛЬНОМ МИКРОРАЗМНОЖЕНИИ *HYDRANGEA ARBORESCENS* L. НА ПРИМЕРЕ СОРТА PINK ANNABELLE

НИКОЛАЕВ Н.В.[1], аспирант
БУХАРИНА И.Л.[2], д-р биол. наук, профессор
ФЕДОРОВ А.В.[3], д-р с.-х. наук, профессор
ЛЕНТОЧКИН А.М.[1], д-р с.-х. наук, профессор
ЛЕКОНЦЕВА Т.Г.[4], канд. с.-х. наук, ст. науч. сотрудник
[1]ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный аграрный университет», г. Ижевск, Россия
[2]ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет», г. Ижевск, Россия
[3]ФГБОУ ВО «Российский государственный университет народного хозяйства имени В. И. Вернадского», г. Балашиха, Россия
[4]ФГБУН «Удмуртский федеральный исследовательский центр УрО РАН», г. Ижевск, Россия

APPLICATION OF MYCORRHIZA FORMING PREPARATIONS AT THE STAGES OF ADAPTATION AND GROWTH IN CLONAL MICROPROPAGATION OF HYDRANGEA ARBORESCENS L. USING THE EXAMPLE OF THE PINK ANNABELLE VARIETY

NIKOLAEV N.V.[1], postgraduate student
BUKHARINA I.L.[2], Doctor of Biological Sciences, Professor
FEDOROV A.V.[3], Doctor of Agricultural Sciences, Professor
LENTOCHKIN A.M.[1], Doctor of Agricultural Sciences, Professor
LEKONTSEVA T.G.[4], Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher
[1]Udmurt State Agrarian University, Izhevsk, Russia
[2]Udmurt State University, Izhevsk, Russia
[3]Vernadsky Russian State University of National Economy, Balashikha, Russia
[4]Udmurt Federal Research Center, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Izhevsk, Russia

Аннотация. Проведено комплексное изучение этапов адаптации и доращивания при клональном микроразмножении *in vitro* гортензии древовидной на примере сорта Pink Annabelle. Определена эффективность различных микоризоформирующих препаратов (далее препараты). Было достоверно установлено, что целесообразно применять препараты, содержащие арбускулярно-микоризообразующие грибы для повышения приживаемости и лучшего развития микрорастений гортензии древовидной на этапе адаптации.

На этапе доращивания выявлено, что средняя масса корневой системы при применении препаратов с микоризоформирующей грибной микрофлорой составила 3,43-3,59 г против 2,65 г в варианте без применения препаратов. Масса надземной части растений при применении препаратов – 20,40-20,54 г против 17,60 г без применения препарата. Общее содержание фотосинтетических пигментов при применении препаратов для формирования микоризы составило 16,30±0,02-16,44±0,10 мг/г против 13,29±0,07 мг/г в контрольном варианте. При измерении скорости фотосинтетического транспорта электронов (ETR(II)) установлено, что в вариантах с применением препаратов показатель ETR был значительно выше, по сравнению с контрольным. Использование микоризоформирующих препаратов позволяет повысить приживаемость, улучшить ростовые и физиологические показатели растений и может быть рекомендовано для внедрения в практику микроклонального размножения декоративных культур.

Ключевые слова: гортензия, микоризоформирующие препараты, средняя масса корневой системы, средняя масса надземной части, фотосинтетические пигменты, приживаемость, арбускулярная микориза, арбускулярно микоризообразующие грибы (АМГ).

Abstract. *A comprehensive study of the adaptation and growth stages during in vitro clonal micropropagation of hydrangea arborescens was conducted using the Pink Annabelle cultivar as an example. The effectiveness of various mycorrhiza-forming preparations (hereinafter referred to as preparations) was determined. It was reliably established that preparations containing arbuscular mycorrhiza-forming fungi are beneficial for enhancing the survival rate and development of hydrangea arborescens microplants during the adaptation stage. During the growth stage, the average root system weight was 3.43-3.59 g with preparations containing mycorrhiza-forming fungal microflora compared to 2.65 g without the preparations. The aboveground plant weight was 20.40-20.54 g with the preparations compared to 17.60 g without the preparations. The total content of photosynthetic pigments in the mycorrhiza-forming treatments was 16.30±0.02-16.44±0.10 mg/g, compared to 13.29±0.07 mg/g in the control. Measurements of the photosynthetic electron transport rate (ETR(II)) showed that the ETR was significantly higher in the treatments using the mycorrhiza-forming treatments compared to the control. The use of mycorrhiza-forming treatments improves plant survival, growth, and physiological performance and can be recommended for the implementation of micropropagation in ornamental crops.*

Keywords: *hydrangea, mycorrhiza-forming preparations, average root system weight, average above-ground part weight, photosynthetic pigments, survival rate, arbuscular mycorrhiza, arbuscular mycorrhiza-forming fungi (AMF).*

Введение. В технологии клонального микроразмножения садовых культур этап адаптации является одним из важнейших и наиболее сложных. Данный факт связан с высокой уязвимостью микрорастений *ex vitro*. После пребывания в стерильных условиях, 100 %-ной влажности воздуха, а также миксотрофного способа питания, растения имеют слабофункционирующий устьичный аппарат и чрезвычайную уязвимость перед патогенами грибной и бактериальной природы. Не менее важным является и процесс доращивания адаптированных растений. Одним из потенциальных решений для повышения эффективности этапов адаптации и доращивания является применение микоризоформирующих препаратов [8].

Методы исследований. Исследования проведены в 2022-2025 годах на базе ФГБУН «УдмФИЦ УрО РАН» и ФГБОУ ВО «УдГУ».

В настоящей работе пользовались общепринятыми в практике клонального микроразмножения методами [1, 2, 3].

Этап адаптации микрорастений осуществляли в микропарниках.

При высадке микрорастений на адаптацию в субстрат вносили препараты микоризы (табл. 1) согласно инструкциям производителей [13, 14].

Таблица 1 – Препараты для формирования микоризы у растений

Название	Состав	Препаративная форма
1. Кормилица микориза (ОЖЗ)	Группа штаммов грибов рода *Glomus*	Споры на торфяном носителе
2. Микориза Микофренд	Микоризообразующие грибы: *Glomus*, *Trichoderma harzianum*, микроорганизмы, улучшающие образование микоризы, фосфатмобилизирующие, бактерии с фунгицидными и бактерицидными свойствами: *Pseudomonas fluorescens*, *Streptomyces sp.*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus megaterium var. phosphaticum*, *Bacillus muciloginosus*, *Enterobacter sp.*	Сухой порошок

В дальнейшем регулярно проводилось опрыскивание водой крышек микропарников и полив почвенного субстрата по мере необходимости. По мере отрастания побегов и появления новых листьев

проводили проветривание, со временем увеличивая его продолжительность.

Спустя 30 суток после выведения растений на адаптацию, растения пересаживались в стаканчики объемом 500 мл для доращивания.

Этап доращивания проводили в климатической камере BINDER KBWF-720 (Германия) в течение 40 суток при температуре +22 ºС (8:00–20:00) и +19 ºС (20:00–8:00); освещенность – 20000 лк, продолжительность светового дня – 10 часов.

У дорощенных растений измерялись биомасса, морфометрические показатели развития, а также содержание фотосинтетических пигментов (хлорофиллов *a*, *b* и каротиноидов).

Для анализа содержания пигментов использовался спектрофотометр ПЭ-5400 ВИ (Россия). С его помощью определялась оптическая плотность спиртового экстракта пигментов, после чего по формулам Холма-Веттштейна рассчитывалась концентрация пигментов.

Измерение плотности экстракта проводилось на спектрофотометре при длинах волн, соответствующих максимумам поглощения хлорофиллов a (660 нм) и b (642,5 нм) в красной области спектра, а также при длине волны абсорбционного максимума каротиноидов (440,5 нм) [1, 4].

Кроме того, была определена степень развития грибной инфекции в корневой системе растений.

В ходе исследования степени развития полезной грибной инфекции (инокулята) в корневой системе растений гортензии была проведена тщательная предварительная подготовка.

Обработка и обеззараживание корней:

Корневая система растений подверглась промыванию проточной водой в ситах с диаметром 200 мкм для удаления загрязнений. Затем корни были обеззаражены путем погружения в 70%-ный этиловый спирт на 30 секунд, а затем в 2,5%-ный раствор NaCl на 5 минут. Для удаления остатков дезинфицирующих средств корни промывали шесть раз дистиллированной водой и фиксировали в 15%-ном этиловом спирте. Фиксация была необходима для последующей мацерации и точного определения степени развития грибной инфекции.

Мацерация корней методом Травло:

Для изучения грибов, колонизирующих корневую систему, применялся метод Травло с предварительной мацерацией. Мацерация проводилась в водяной бане WB-4MS при помощи 10%-ного раствора KOH (температура 95 °C, время выдержки 10 минут). Последующее погружение корней в 5%-ный раствор HCl на 3 минуты и обработка 1%-ным раствором трипана в водяной бане при 95 °C в течение 5 минут позволила размягчить ткани и сделать их прозрачными.

Финальным этапом мацерации было погружение корней в 96%-ный этанол с последующим нагревом в водяной бане при температуре 95 °C на 2 минуты.

Хранение корней до микроскопирования:

После завершения мацерации корни заливали специальным раствором, состоящим из молочной кислоты, глицерина и дистиллированной воды в соотношении 1:2:1. Раствор обеспечивал сохранение структуры корней и предотвращал их порчу до проведения микроскопического анализа.

Также были зарегистрированы параметры интенсивности флуоресценции хлорофиллов (ИФХ) с помощью флуориметра JUNIOR-PAM с импульсно-модулированным освещением (Heinz, Walz, Германия).

После 30-минутной темновой адаптации определяли значение скорости фотосинтетического транспорта электронов (ETR). Параметры флуоресценции измеряли при интенсивности действующего света 65-820 мкмоль $м^{-2}$ $с^{-1}$ в 3-кратной биологической повторности [5, 7, 10].

Статистическая обработка экспериментальных данных производилась методом дисперсионного анализа с использованием Microsoft Excel 7 [9].

Результаты. Микрорастения высаживались на адаптацию, минуя этап ризогенеза, что стало возможным благодаря спонтанному корнеобразованию у микрорастений гортензии древовидной на этапе мультипликации (рис. 1).



Рисунок 1 – Микрорастение, после 30-дневного пассажа на среде QL, 6-БАП – 0,5 мг /л, ГА- 2,0 мг/л

При высадке на адаптацию в субстрат (верховой раскисленный торф) были внесены препараты микоризы согласно инструкциям производителей.

Спустя 30 суток была отмечена приживаемость микрорастений и морфометрические показатели развития.

По результатам исследований максимальная приживаемость наблюдалась в варианте с применением микоризы «Микофренд» (95 %), при применении «Кормилицы микоризы» приживаемость незначительно ниже – 90 %. В контрольным варианте приживаемость микрорастений составила 75 %.

Аналогичные тенденции выявлены и относительно морфометрических показателей роста.

Наиболее развитыми оказались растения в варианте с применением препарата «Микофренд». Средняя длина прироста в данном варианте составила 14,9 см, по сравнению с 8,5 см в контроле. Максимальными в данном варианте оказались и средняя суммарная длина корней (35,85 см против 17,45 в контроле) и суммарная площадь листовой поверхности (41,50 $см^2$ против 21,65 $см^2$).

При этом доля влияния фактора (препараты микоризы) на исследуемые морфометрические показатели составила 80-86%.

Развитие растений из варианта с применением «Кормилицы микоризы» лишь незначительно уступает таковому по варианту с применением микоризы «Микофренд» (табл. 2).

Таблица 2 – Влияние микоризоформирующих препаратов на приживаемость и показатели развития микрорастений гортензии древовидной Pink Annabelle

Вариант	Приживаемость, %	Средняя длина прироста, см	Суммарная длина корней, см	Суммарная площадь листовой поверхности, $см^2$
Без обработки (контроль)	75,00	8,50	17,45	21,65
Кормилица микориза ОЖЗ	90,00*	13,30*	28,90*	37,50*
Микориза Микофренд	95,00*	14,90*	35,85*	41,50*
$НСР_{05}$	-	1,48	5,13	5,07
* Данные статистически достоверны при 0,95 %-ном уровне вероятности				

Полученные данные, по-видимому, объясняются улучшением водного обмена растений (за счет увеличения общей площади всасывания благодаря системе гифов грибов), а также более активным поглощением фосфора, азота и микроэлементов грибами-микоризообразователями [15, 16].

Кроме того, микоризообразующие грибы выступают в роли антагонистов по отношению к почвенным патогенам растений и не позволяют им проникнуть в корневую систему растения.

Вероятно, более активное развитие растений стимулируют и гормоноподобные соединения, продуцируемые грибами-микоризообразователями [6, 8, 11, 12].

Таким образом, достоверно установлена целесообразность применения препаратов АМГ для повышения приживаемости и лучшего развития микрорастений гортензии древовидной на этапе адаптации.

После этапа адаптации растения высаживались в отдельные ёмкости, объемом 0,5 $дм^3$, для последующего доращивания. В стаканчики с растениями (из вариантов с применением препаратов микоризы на этапе адаптации) микориза была внесена повторно. Доращивание саженцев длилось 40 дней.

По результатам серии опытов установлено, что растения из вариантов с применением препаратов АМГ имели достоверно большую массу как корневой системы, так и надземной части (таблица 3).

Таблица 3 – Влияние микоризоформирующих препаратов на биомассу дорощенных растений гортензии древовидной Pink Annabelle, г

Вариант	Средняя масса корневой системы	Средняя масса надземной части
Без обработки (контроль)	2,65	17,60
Кормилица микориза ОЖЗ	3,43*	20,40*
Микориза Микофренд	3,59*	20,54*
$НСР_{05}$	0,42	1,55
* Данные статистически достоверны при 0,95 %-ном уровне вероятности		

Наиболее развитыми оказались растения из варианта с применением препарата «Микофренд» (средняя масса корневой системы составила 3,59 г против 2,65 г в контроле, средняя масса надземной части 20,54 г против 17,60 г в контроле). Однако различия между вариантами с препаратами «Микофренд» и «Кормилица микориза» оказались несущественными. Действие обоих препаратов оказалось эффективным. Вероятно, существенная

разница в эффективности препаратов проявится на более поздних этапах онтогенеза растений.

При этом доля влияния фактора (препараты микоризы) на исследуемые показатели составила 57-62 %.

Дополнительно следует отметить, что инокулированные грибами АМГ растения, в отличие от растений контрольного варианта, не имели признаков хлороза и краевого ожога, что говорит об отсутствии дефицита элементов питания. Что, по всей видимости, объясняется более эффективным поглощением минеральных элементов симбиотическими грибами.

Кроме того, было определено содержание фотосинтетических пигментов (хлорофилл a, хлорофилл b, каротиноиды) в листьях саженцев гортензии древовидной. У инокулированных растений отмечено повышение содержания хлорофиллов a и b, а также каротиноидов, в среднем на 20 %.

Помимо суммарного содержания хлорофиллов и каротиноидов, которое может меняться в зависимости от каких-либо изменений в действии факторов внешней среды, немаловажное значение в работе фотосинтетического аппарата принадлежит также такому показателю, как соотношение хлорофилла *a* к хлорофиллу *b*. Это соотношение связано с активностью «главного» хлорофилла *a*, чем оно больше, тем интенсивнее фотосинтез [10, 17].

В наших исследованиях соотношения между хлорофиллами a и b отличается незначительно между разными вариантами. Следовательно, фотосинтетические процессы протекают нормально во всех вариантах (табл. 4).

Таблица 4 – Содержание фотосинтетических пигментов в листьях гортензии древовидной Pink Annabelle в зависимости от используемого микоризоформирующего препарата, мг/г

Вариант	Содержание фотосинтетических пигментов в листьях, мг/г				Соотношение хл.*a*/хл.*b*
	хлорофилл *a*	хлорофилл *b*	каротиноиды	сумма пигментов	
Без обработки (контроль)	8,27±0,04	2,69±0,02	2,33±0,03	13,29±0,07	3,07
Кормилица микориза ОЖЗ	10,28±0,06	3,36±0,03	2,80±0,09	16,44±0,10	3,06
Микориза Микофренд	10,17±0,01	3,43±0,05	2,71±0,06	16,30±0,02	2,97

Кроме того, в целях изучения физиологического состояния растений разных вариантов опытов, был зарегистрирован показатель эффективности функционирования электрон-транспортной цепи, или скорость фотосинтетического транспорта электронов (ETR(II)).

Данный параметр интенсивности флуоресценции хлорофиллов (ИФХ) регистрировали с помощью флуориметра JUNIOR-PAM с импульсно-модулированным освещением (Heinz, Walz, Германия).

Скорость транспорта электронов (ETR) в контрольном варианте увеличивалась от 9,3 ± 0,35 при 65 мкмоль $м^{-2} \cdot с^{-1}$ до 23,80 ± 0,50 при 820 мкмоль $м^{-2} \cdot с^{-1}$. В то время как в вариантах с применением препаратов АМГ показатель ETR был значительно выше и в случае с применением «Кормилицы микоризы» изменялся от 11 ± 0,45 при 65 мкмоль $м^{-2} \cdot с^{-1}$ до 40,0 ± 0,45 при 820 мкмоль $м^{-2} \cdot с^{-1}$. Сходные значения зафиксированы и при применении препарата Микофренд (табл. 5).

Таблица 5 – Средняя скорость фотосинтетического транспорта электронов (ETR), мкмоль $м^{-2} \cdot с^{-1}$

Освещенность, мкмоль $м^{-2} \cdot с^{-1}$	Средняя скорость фотосинтетического транспорта электронов (ETR)		
	Контроль	Кормилица микориза ОЖЗ	Микориза Микофренд
0	0	0	0
65	9,3 ± 0,35	11 ± 0,45	10,8 ± 0,40
90	11,1 ± 0,15	13,3 ± 0,20	13,3 ± 0,30
125	12,5 ± 0,20	16,1 ± 0,25	15,8 ± 0,35
190	14,5 ± 0,20	20,2 ± 0,35	19,6 ± 0,15
285	17,8 ± 0,40	24,9 ± 0,25	23,9 ± 0,30
420	19,9 ± 0,45	30,0 ± 0,45	29,3 ± 0,35
625	22,3 ± 0,30	35,7 ± 0,35	34,1 ± 0,40
820	23,8 ± 0,50	40,0 ± 0,45	38,2 ± 0,35

Для подтверждения наличия сформированной микоризы в корнях гортензии были проведены мацерация и окрашивание корней. В результате проведенного микроскопирования в клетках корней инокулированных растений были обнаружены везикулы и мицелий грибов арбускулярной микоризы (рис. 2). В клетках корней не инокулированных растений подобных образований не обнаружено (рис. 3).

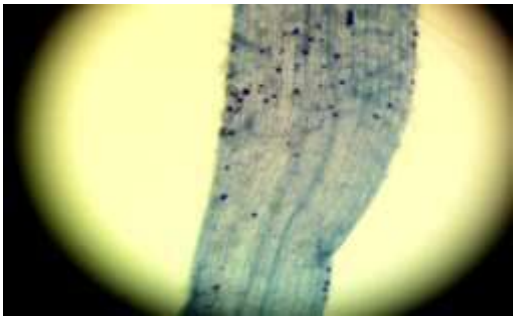


Рисунок 2 – Везикулы в клетках корня гортензии древовидной

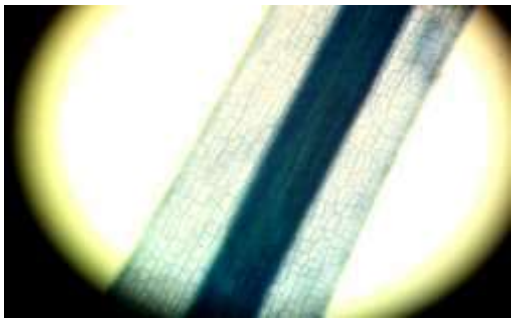


Рисунок 3 – Не инокулированный микоризой корень гортензии древовидной

Заключение. В результате проведённых исследований была всесторонне оценена эффективность применения микоризоформирующих препаратов при адаптации и доращивании микрорастений гортензии древовидной Pink Annabelle, полученных методом клонального микроразмножения. Установлено, что инокуляция субстрата препаратами АМГ достоверно повышает приживаемость микрорастений и улучшает их морфометрические показатели. Наиболее выраженный положительный эффект отмечен при использовании препарата «Микофренд», обеспечившего максимальную приживаемость (95 %) и наибольшие значения длины побегов, суммарной длины корней и площади листовой поверхности. Препарат «Кормилица микориза» также показал высокую эффективность, незначительно уступая «Микофренду» по большинству показателей. Доля влияния микоризных препаратов на рост и развитие микрорастений на этапе адаптации составила 80-86 %.

На этапе доращивания установлено, что повторное внесение микоризы способствует формированию более развитой корневой системы и увеличению биомассы надземной части растений. При этом различия между вариантами с использованием двух микоризных препаратов были статистически несущественными, что свидетельствует о высокой эффективности обоих препаратов. Влияние фактора микоризации на показатели биомассы составило 57-62 %.

Физиологическое состояние растений, инокулированных грибами арбускулярной микоризы, характеризовалось повышенным содержанием фотосинтетических пигментов, отсутствием признаков хлороза и краевого ожога, а также более высокой скоростью фотосинтетического транспорта электронов по сравнению с контрольным вариантом. Это указывает на улучшение минерального питания и повышение функциональной активности фотосинтетического аппарата. Микроскопические исследования подтвердили формирование микоризного симбиоза в корнях обработанных растений.

Таким образом, полученные результаты убедительно свидетельствуют о целесообразности и высокой эффективности применения препаратов АМГ при адаптации и доращивании микрорастений гортензии древовидной Pink Annabelle. Использование микоризных препаратов позволяет повысить приживаемость, улучшить ростовые и физиологические показатели растений и может быть рекомендовано для внедрения в практику микроклонального размножения декоративных культур.

Список литературы

1. Амунова О. С. Влияние метеоусловий вегетации на содержание фотосинтетических пигментов в листьях мягкой яровой пшеницы // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – Т. 67. – № 6. – 2018. – С. 26-32.

2. Арбускулярная микориза [Электронный ресурс]. URL: https://ru.qaz.wiki/wiki/Arbuscular_mycorrhiza (дата обращения: 18.10.2024).

3. Ахметова Л. Р., Молканова О. И. Некоторые аспекты размножения декоративных сортов представителей рода Hydrangea L. // Цветоводство: теоретические и практические аспекты: тез. второй междунар. науч. конф. – 2020. – С. 4.

4. Спектрофотометрический метод определения содержания каротинов, ксантофиллов и хлорофиллов в экстрактах семян растений / О. В. Булда [и др.] / Физиология растений. – 2008. – Т. 55. – № 4. – С.604-611.

5. Использование флуоресценции хлорофилла для контроля физиологического состояния зеленых насаждений в городских экосистемах / П.С. Венедиктов, С.Л. Волгин, Ю.В. Казимирко [и др.] // Биофизика. – 1999. – Т. 44. – Вып. 6. – С. 1037-1047.

6. Высоцкий В. А. Биотехнологические приёмы в современном садоводстве // Плодоводство и ягодоводство России: сб. науч. работ. – М: 2011. – Т. XXVI. – С. 3-10.

7. Использование переменной флуоресценции хлорофилла для оценки физиологического состояния фотосинтетического аппарата растений / Гольцев В. Н., Каладжи Х.М., Паунов М. [и др.] // Физиология растений. – 2016. – № 63(6) – С. 881-907.

8. Деменко В.И., Лебедев В.А. Адаптация растений, полученных in vitro, к нестерильным условиям // Известия ТСХА. –2011. – Вып. 1. – С. 60-70.

9. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) – М.: Альянс, 2011, 350 с.

10. Закурин А. О., Щенникова А. В., Камионская А. М. Светокультура растениеводства защищенного грунта: фотосинтез, фотоморфогенез и перспективы применения светодиодов // Физиология растений. – 2020. – № 67(3) – С. 246-258.

11. Картыжова Л.Е., Алещенкова З.М., Соловьева Е.А., Шавейко И.В. Эндофитное микробное сообщество сои и озимой пшеницы // Микробные биотехнологии: фундаментальные и прикладные аспекты: сборник научных трудов. – 2017. – С. 191-201.

12. Калагова М.А. Стимулятор роста гиббереллин // Студенческая наука – агропромышленному комплексу: науч. тр. студентов Горского ГАУ. – 2019. – С. 92-93.

13. Кормилица-микориза [Электронный ресурс]. URL: https://bashinkom-v-dom.ru/product/kormilica-mikoriza-universalnaya-10 kg?yclid=7137529434362871807 (дата обращения: 04.04.2025).

14. Микориза Микофренд [Электронный ресурс]. URL: https://onprofi.ru/zashchita-rasteniy/fungicidy-lpkh/biopreparat-mikofrend-30gr/ (дата обращения: 04.04.2025).

15. S. M. Nadeem, M. Ahmad, Z.A. Zahir [et al.] The role of mycorrhizae and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) in improving crop productivity under stressful environments / // Biotechnology Advances. – 2014. – № 32. – P. 429–448.

16. Van der Heijden, M. G. A., Horton, T. R. Socialism in soil? The importance of mycorrhizal fungal networks for facilitation in natural ecosystems // J. Ecol. 2009. V. 97. P. 1139–1150.

17. Wellburn, A. R. The spectral determination of chlorophylls a and b, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution / Wellburn A. R. // Journal of plant physiology. – 1994. – Part 144. – №. 3. – P. 307-313.

References

1. Amunova, O. S. "The Effect of Meteorological Conditions During the Growing Season on the Content of Photosynthetic Pigments in Soft Spring Wheat Leaves." Agrarian Science of the Euro-North-East. Vol. 67, No. 6, 2018, pp. 26–32.

2. Arbuscular Mycorrhiza [Electronic Resource]. Available at: https://ru.qaz.wiki/wiki/Arbuscular_mycorrhiza (Accessed: 18.10.2024).

3. Akhmetova, L. R., Molkanova, O. I. "Some Aspects of Reproduction of Ornamental Varieties of the Genus Hydrangea L." Floriculture: Theoretical and Practical Aspects: Proceedings of the Second International Scientific Conference. – 2020. – P. 4.

4. Spectrophotometric method for determining the content of carotenes, xanthophylls and chlorophylls in plant seed extracts / O. V. Bulda [et al.] / Plant Physiology. – 2008. – Vol. 55. – No. 4. – Pp. 604-611.

5. Using chlorophyll fluorescence to monitor the physiological state of green spaces in urban ecosystems / P. S. Venediktov, S. L. Volgin, Yu. V. Kazimirko [et al.] // Biophysics. – 1999. – Vol. 44. – Issue. 6. – Pp. 1037-1047.

6. Vysotsky V. A. Biotechnological techniques in modern horticulture // Fruit and berry growing of Russia: collection of scientific works. – M: 2011. – Vol. XXVI. – P. 3-10.

7. Using variable chlorophyll fluorescence to assess the physiological state of the photosynthetic apparatus of plants / Goltsev V. N., Kaladzhi H. M., Paunov M. [et al.] // Plant Physiology. – 2016. – No. 63(6) – P. 881-907.

8. Demenko V. I., Lebedev V. A. Adaptation of plants obtained in vitro to non-sterile conditions // Bulletin of the Timiryazev Agricultural Academy. –2011. – Issue 1. – P. 60-70.

9. Dospekhov, B. A. Methodology of field experiment (with the basics of statistical processing of research results) – M.: Alliance, 2011, 350 p.

10. Zakurin A. O., Shchennikova A. V., Kamionskaya A. M. Light culture of protected ground plant growing: photosynthesis, photomorphogenesis and prospects for the use of LEDs // Plant Physiology. - 2020. - No. 67 (3) - P. 246-258.

11. Kartyzhova L. E., Aleshchenkova Z. M., Solovieva E. A., Shaveiko I. V. Endophytic microbial community of soybeans and winter wheat // Microbial biotechnology: fundamental and applied aspects: collection of scientific papers. - 2017. - P. 191-201.

12. Kalagova M. A. Gibberellin growth stimulator // Student science - for the agro-industrial complex: scientific papers of students of the Gorsk State Agrarian University. – 2019. – P. 92-93.

13. Kormilitsa-mycorrhiza [Electronic resource]. URL: https://bashinkom-v-dom.ru/product/kormilica-mikoriza-universalnaya-10 kg?yclid=7137529434362871807 (accessed: 04.04.2025).

14. Mycorrhiza Mikofrend [Electronic resource]. URL: https://onprofi.ru/zashchita-rasteniy/fungicidy-

lpkh/biopreparat-mikofrend-30gr/ (accessed: 04.04.2025).

15. S. M. Nadeem, M. Ahmad, Z.A. Zahir [et al.] The role of mycorrhizae and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) in improving crop productivity under stressful environments // Biotechnology Advances. – 2014. – No. 32. – P. 429–448.

16. Van der Heijden, M. G. A., Horton, T. R. Socialism in soil? The importance of mycorrhizal fungal networks for facilitation in natural ecosystems // J. Ecol. 2009. V. 97. P. 1139–1150.

17. Wellburn, A. R. The spectral determination of chlorophylls a and b, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution / Wellburn A. R. // Journal of plant physiology. – 1994. – Part 144. – No. 3. – P. 307-313.

10.52671/26867591_2026_1_115
УДК 575.21:58.006

ИЗМЕНЧИВОСТЬ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ РЕДКИХ ВИДОВ РОДА *MATTHIOLA* AIT. ПРИ ИНТРОДУКЦИИ В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ

ОСМАНОВ Р. М. [1], канд. биол. наук, научный сотрудник
ГАМИДОВА Н. Х. [2], канд. биол. наук, доцент
ТАЖУДИНОВА З. Ш. [2], канд. биол. наук, доцент
[1]Горный ботанический сад – обособленное подразделение Дагестанского ФИЦ РАН, г. Махачкала, Россия
[2]ФГБОУ «Дагестанский государственный педагогический университет им. Р. Гамзатова», г. Махачкала, Россия

VARIABILITY OF MORPHOLOGICAL TRAITS IN RARE SPECIES OF THE GENUS MATTHIOLA AIT. DURING INTRODUCTIONIN IN MOUNTAIN CONDITIONS

OSMANOV R.M. [1], Candidate of Biological Sciences, Researcher
GAMIDOVA N. Kh. [2], Candidate of Biological Sciences, Associate Professor
TAZHUDINOVA Z. SH. [2], Candidate of Biological Sciences, Associate Professor
[1]Mountain Botanical Garden is a separate division of the Dagestan Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Makhachkala, Russian
[2]Dagestan State Pedagogical University named after R. Gamzatov, Makhachkala, Russia

Аннотация. Исследование редких и эндемичных видов растений в естественных условиях произрастания и при интродукции представляет собой приоритетное научное направление, ориентированное на охрану и сохранение биологического разнообразия указанных таксонов. Целью исследования является оценка изменчивости морфометрических признаков редких видов *Matthiola daghestanica* и *Matthiola caspica* при интродукции в горных условиях среды. Интродукционное изучение данных видов ведется в условиях Цудахарской экспериментальной базы горного ботанического сада Дагестанского ФИЦ РАН. Производился учет некоторых размерных, числовых и весовых признаков. Исследованы два представителя рода *Matthiola*, выявлены их некоторые морфологические параметры. Установлено, что длина генеративного побега *M. daghestanica* достигает 393,1 мм, демонстрируя высокую степень изменчивости. Средняя длина соцветия составила 160,7 мм, что существенно ниже аналогичного признака у *M. caspica* (211,7 мм). Средний показатель числа цветков примерно одинаков у обоих видов – около 18 шт., однако диапазон и коэффициент вариации незначительно различаются. Важной особенностью является постоянное число розеточных листьев у *M. daghestanica* – 8 шт. Для *M. caspica* средняя длина генеративного побега равна 364,6 мм, масса розеточных листьев значительно выше – 338,9 мг, а общее число розеточных листьев достигает 10 шт. Общая масса побега у *M. caspica* составляет 1266,5 мг, характеризуя умеренное варьирование признака. Корреляционный анализ показал сильные положительные связи между рассматриваемыми признаками. Выявлены достоверные положительные зависимости ($P \leq 0,05$) между весовыми и размерными признаками растений рода *Matthiola*, характеризующиеся высокими коэффициентами корреляции ($r=0,52…0,97$). Полученные результаты представляют ценность для планирования мероприятий по сохранению и мониторингу редких и эндемичных видов, в том числе представителей семейства Brassicaceae.

Ключевые слова: род *Matthiola*, редкие виды, интродукция, Горный Дагестан.

Abstract. *The study of rare and endemic plant species in their natural habitats and after introduction is a priority scientific area aimed at protecting and preserving the biological diversity of these taxa. The aim of the study is to assess the variability of morphometric traits in rare species Matthiola daghestanica and Matthiola caspica upon introduction to mountain environments. The introduction study of these species is being conducted at the Tsudakhar Experimental Base of the Mountain Botanical Garden of the Dagestan Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences. Some dimensional, numerical, and weight traits were recorded. Two representatives of the genus Matthiola were examined, and*

some of their morphological parameters were identified. It was established that the length of the generative shoot of M. daghestanica reaches 393.1 mm, demonstrating a high degree of variability. The average inflorescence length was 160.7 mm, which is significantly lower than a similar trait in M. caspica (211.7 mm). The average number of flowers is approximately 18, and is approximately the same for both species. However, the range and variation coefficient differ slightly. An important feature is the constant number of rosette leaves in M. daghestanica – 8. For M. caspica, the average length of the generative shoot is 364.6 mm, the weight of rosette leaves is significantly higher – 338.9 mg, and the total number of rosette leaves reaches 10. The total shoot weight in M. caspica is 1266.5 mg, indicating moderate variation of the trait. Correlation analysis revealed strong positive relationships between the traits under consideration. Reliable positive relationships (P≤0.05) were found between weight and size traits in plants of the genus Matthiola, characterized by high correlation coefficients (r=0.52…0.97). The obtained results are valuable for planning conservation and monitoring activities for rare and endemic species, including representatives of the Brassicaceae family.

Keywords: *genus Matthiola, rare species, introduction, Mountain Dagestan.*

Введение. Изучение и рациональное использование генетического разнообразия культиваров и редких видов растений неизменно вызывают повышенный интерес исследователей, способствуя ежегодному росту количества научных работ. При этом оценка механизмов внутривидовых изменений растительного материала вносит первостепенную роль в этих исследованиях [1, 2].

Представители рода Левкой (*Matthiola* Ait.) привлекают внимание исследователей в связи с их ограниченными репродуктивными свойствами в природных ценопопуляциях, редкостью и уязвимостью. На территории Дагестана произрастает три вида упомянутого рода: *Matthiola daghestanica* (Conti) N. Busch, *Matthiola caspica* (N. Busch) Grossh., *Matthiola otoratissima* (Pall. ex. M. Bieb.). Из них первые два относятся к редким и исчезающим видам, которые включены в «Красную книгу Республики Дагестан» (2020), а также представлены в коллекциях Горного ботанического сада Дагестанского ФИЦ РАН [3, 4, 5].

Левкой дагестанский (*M. daghestanica* (Conti) N. Busch) – редкий и эндемичный вид Восточного Кавказа. Ареал *M. daghestanica* приходится на средний горный пояс Дагестана, где вид произрастает на сухих глинистых и каменистых склонах. Вид чаще произрастает и локализован единичными экземплярами [6, 7, 8]. Основными лимитирующими факторами выступают – интенсивное хозяйственное использование земель и деградация мест произрастания вследствие расширения дорожной сети, активизация оползневых явлений, выпас скота [4].

Изучена изменчивость морфологических признаков растений *M. daghestanica* в природных условиях. Дифференциация между исследованными тремя ценопопуляциями *M. daghestanica* выражалась по признакам: длина вегетативной части, число листьев розетки, число листьев побега, масса листьев розетки (в модели). Все изученные ценопопуляции относятся к нормальному типу, обладают способностью к самовосстановлению и характеризуются показателями индекса восстановления в диапазоне от 1,2 до 2,8% [9].

Лабораторная всхожесть семян *M. daghestanica* была подробно изучена. Исследования показали, что различие во всхожести семян разных фракций по окраске характерно также и для близкого редкого вида *M. caspica*, согласно данным М.А. Магомедовой и Г.Ф. Алимурадовой [10]. Так, процент прорастания семян *M. caspica* составил 84,0% и 98,1% соответственно для светлых и тёмных фракций. Были определены оптимальные условия M. *daghestanica* в условиях *in vitro* и реализованы первые её этапы [11].

M. caspica представляет собой светолюбивое и засухоустойчивое растение, относящееся к группе ксерофитов по отношению к влажности почвы. Этот вид является эндемиком Восточного Кавказа и занесён в «Красную книгу Республики Дагестан». Культивируется на экспериментальных участках Горного ботанического сада Дагестанского ФИЦ РАН [4, 5, 12]. Ареал распространения *M. caspica* охватывает Предгорный Дагестан. Произрастает преимущественно на открытых, аридных склонах нижнего горного пояса, образуя одиночные куртины [13].

В ботанических работах приводится изучение и оценка морфологических признаков растений *M. caspica* из Талгинского ущелья и Хадумского хребта (окр. с. Миатли) [14], а также других природных ценопопуляций Дагестана [15].

Цель наших исследований – оценка изменчивости морфометрических признаков *Matthiola daghestanica* и *Matthiola caspica* при интродукции в горных условиях среды.

Объекты и методы исследований. Объектами исследования стали левкой дагестанский (*Matthiola daghestanica*) и левкой каспийский (*Matthiola caspica*), семена которых были первоначально собраны в окрестностях села Ашильта (Унцукульский район) и в районе Талгинского ущелья (Буйнакский район).

Материал для исследования был взят из Цудахарской экспериментальной базы Горного ботанического сада Дагестанского ФИЦ РАН в 2024 году. Учет признаков у интродуцированных видов проводился по 15 растениям каждого вида: L_S – длина генеративного побега (мм), L_I – длина соцветия (мм), N_{LR} – число листьев розетки (шт.), N_{LS} – число листьев побега (шт.), N_F – число цветков (шт.), W_{LR} – масса листьев розетки (мг), W_{SL} – масса стеблей с листьями (мг), W_I – масса соцветия (мг), W_S – общая масса побега (мг).

Для математической обработки полученных данных применялась программа Statistica v. 13.3. и классические методы биометрии [16, 17, 18].

Результаты исследований. Оценка изменчивости морфологических признаков генеративного побега двух редких видов рода *Matthiola* при интродукции позволила выявить ряд существенных особенностей (табл. 1).

Таблица 1 – Описательная статистика редких видов *Matthiola* Ait

Признаки (n=15)	*Matthiola daghestanica*				*Matthiola caspica*			
	X±Sx	Размах		CV, %	X±Sx	Размах		CV, %
		min	max			min	max	
L_S	393,1±20,85	281,0	523,0	20,5	364,6±20,85	317,0	432,0	10,1
L_I	160,7±7,31	122,0	236,0	17,6	211,7±7,93	167,0	258,0	14,5
N_{LR}	8,0±0,00	8,0	8,0	0,0	8,1±0,13	8,0	10,0	6,3
N_{LS}	10,1±0,13	10,0	12,0	5,1	10,0±0,00	10,0	10,0	0,0
N_F	18,1±0,36	16,0	20,0	7,8	17,7±0,43	14,0	20,0	9,4
W_{LR}	245,1±14,04	183,0	384,0	22,2	338,9±17,14	234,0	435,0	19,6
W_{SL}	673,3±73,37	274,0	1398,0	42,2	599,9±32,59	433,0	795,0	21,0
W_I	270,7±20,98	123,0	447,0	30,0	327,6±17,73	202,0	437,0	20,9
W_S	1189,1±92,38	622,0	2088,0	30,1	1266,5±51,02	902,0	1665,0	15,6

Анализируя *M. daghestanica* выделяется ряд характерных черт, так растения данного вида относительно высокие (393,1±20,85 мм), а большой размах значений (от 281,0 до 523,0 мм) демонстрирует выраженную индивидуальную изменчивость. Длина соцветия значительно меньше (160,7±7,31 мм) по сравнению с видом *M. caspica*. Число цветков практически одинаково у обоих видов (средний показатель около 18 шт.), хотя имеются небольшие отличия в диапазоне и коэффициенте вариации.

Эти данные свидетельствуют о стабильности эколого-генетических систем независимо от видовых особенностей. Известно, что такая стабильность обеспечивается генетической системой размножения, определяющей важные признаки генеративной сферы, включая число и форму соцветий, структуру цветков и ряд других характеристик [19]. Количество розеточных листьев у *M. daghestanica* неизменно составляет 8 штук у всех исследованных экземпляров. А число цветков составляет в среднем 18,1 шт. Весовые признаки характеризуется высоким коэффициентом вариации (CV>20%), что свидетельствует о значительной изменчивости относительно средних значений выборок.

Отличается рядом специфических особенностей и *M. caspica*. Длина генеративного побега составляет 364,6±20,85 мм, однако, с меньшим размахом значений (размах от 317,0 до 432,0 мм). Соотношение длины соцветия к длине побега больше, чем у предыдущего вида (211,7±7,93 мм), демонстрируя приоритет формирование цветоноса на побеге. Масса розеточных листьев значительно превышает аналогичный показатель у *M. daghestanica* (338,9±17,14 мг), тогда как количество листьев розетки чуть выше (до 10 шт.). Несмотря на большую общую массу побега (1266,5±51,02 мг), этот показатель обладает средним уровнем варьирования (CV<20%).

Во многих исследованиях [18, 20], проводимых как в экспериментальных, так и в естественных условиях, наблюдается устойчивая закономерность: усиление силы связей связано с ростом вариабельности тех или иных признаков. А в изменениях системы взаимосвязей, как и в изменчивости значений отдельных признаков, проявляется взаимодействие «генотип-среда».

Установлены значимые положительные взаимосвязи по некоторым парам морфометрических признаков видов рода *Matthiola* в результате проведения корреляционного анализа (табл. 2).

Таблица 2 – Корреляции некоторых морфометрических признаков видов *Matthiola* Ait

Признаки / виды	L_S	L_I	N_{LS}	N_F	W_{LR}	W_{SL}	W_I
Matthiola daghestanica							
L_I	0,59*						
N_{LS}	0,18	-0,18					
N_F	0,38	0,68*	-0,02				
W_{LR}	0,06	-0,06	0,71*	-0,02			
W_{SL}	0,58*	0,85*	0,09	0,50	-0,01		
W_I	0,46	0,65*	0,35	0,51	0,31	0,76*	
W_S	0,58*	0,82*	0,26	0,52*	0,21	0,97*	0,88*
Matthiola caspica							
L_I	0,52*						
N_{LR}	0,50	0,22					
N_F	0,28	0,11	0,37				
W_{LR}	0,44	0,16	-0,07	0,08			
W_{SL}	0,29	0,08	-0,37	-0,05	0,47		
W_I	0,15	0,08	0,19	-0,12	0,45	0,46	
W_S	0,39	0,13	-0,19	-0,04	0,80*	0,84*	0,57*

*Примечание: * – достоверные корреляции на P≤0,05 уровне значимости.*

Корреляционный анализ позволил установить ряд взаимосвязей между изучаемыми признаками у *M. daghestanica*. Наиболее выраженной оказалась сильная положительная связь между массой стебля с листьями и общей массой побега (r=0,97), свидетельствующая о большой роли вегетативной массы в формировании

общего веса побегов. Далее отмечаются высокие положительные корреляционные зависимости между массой соцветия и общей массой побега (r=0,88), массой стеблей с листьями и длиной соцветия (r=0,85), а также между общей массой побега и длиной соцветия (r=0,82), что отражает роль репродуктивного усилия растений. Менее выраженная, однако, статистически значимая, положительная корреляционная связь обнаружена между массой соцветия и массой стеблей с листьями (r=0,76), а также массой листьев розетки и числом листьев побега (r=0,71). Остальные признаки либо слабее связаны друг с другом (r=0,52…0,68), либо вообще не обнаруживается статистически значимых корреляций.

Значимые корреляции у *M. caspica* проявляются иначе. Статистически достоверные положительные связи между общей массой побега и массой стеблей с листьями (r=0,84), а также массой листьев розетки (r=0,80), демонстрируя ведущую роль структуры стебля в накоплении биомассы. Как и у *M. daghestanica*, здесь отмечается существенная положительная связь между массой соцветия и общей массой побега (r=0,57); длиной генеративного побега и длиной соцветия (r=0,52). При этом многие другие пары признаков не показывают достоверных корреляций, что затрудняет выявление конкретных взаимосвязей между ними.

Заключение. Результаты исследования свидетельствуют о значительной экологической пластичности растений редких видов рода *Matthiola* при интродукции в условиях Цудахарской экспериментальной базы.

Средние значения весовых признаков значительно различаются между двумя видами. Например, средняя масса побега выше у *M. caspica* (1266,5 мг), чем у *M. daghestanica* (1189,1 мг). Но, высокий коэффициент вариации (более 30%), отмечен для весовых признаков *M. daghestanica*, что подтверждает значительную внутривидовую изменчивость. Некоторые пары признаков демонстрируют сильные положительные связи, в особенности весовые и некоторые размерные (длина побега, длина соцветия), тогда как другие оказываются слабо связанными или вовсе независимыми.

Полученные данные могут служить основой для интродукционной устойчивости, семенной продуктивности редких видов в горных условиях среды.

Благодарности. Исследование проведено в рамках государственного задания Дагестанского ФИЦ РАН ОП ГорБС № 125020501437-2.

Список литературы

1. Solomon J., Shulkina T., Schatz G. (editors). Red List of the Endemic Plants of the Caucasus: Armenia, Georgia, Iran, Russia and Turkey. Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical (MSB) 125. Missouri Botanical Garden Press. – Saint Louis, 2013. – 451 p.

2. *Ex Situ* Plant Conservation: Supporting Species Survival in the Wild, edited by Edward O. Guerrant Jr., Kayri Havens, and Mike Maunder, 2004. Island Press, 1718 Connecticut Avenue, NW, Suite 300, Washington, DC 20009. – 536 p.

3. Муртазалиев Р.А. Конспект флоры Дагестана (Lycopodiaceae–Urticaceae) / отв. ред. Р.В. Камелин. – Махачкала: Эпоха, 2009. – Т. 1. – 319 с.

4. Муртазалиев Р.А. Левкой дагестанский – *Matthiola daghestanica* (Conti) N. Busch. Красная книга Республики Дагестан. – Махачкала: Типография ИП Джамалудинов М.А., 2020. – С. 277-278.

5. Редкие виды флоры Дагестана в коллекции Горного ботанического сада / З.М. Асадулаев, Х.У. Алиев, А.Н. Алибегова [и др.]. – Махачкала: АЛЕФ, 2025. – 138 с.

6. Дорофеев В.И. Крестоцветные (Cruciferae Juss.) Российского Кавказа // Turczaninowia. – 2003. – Т. 6 (3). – С. 5-137.

7. Муртазалиев Р.А., Теймуров А.А. Левкой дагестанский – *Matthiola daghestanica* (Conti) N. Busch. Красная книга Республики Дагестан. – Махачкала: 2009. – С. 167-168.

8. Литвинская С.А., Муртазалиев Р.А. Кавказский элемент во флоре Российского Кавказа: география, созология, экология. – Краснодар: 2009. – 439 с.

9. Османов Р.М. Оценка изменчивости морфометрических признаков растений и возрастной спектр ценопопуляций *Matthiola daghestanica* (Brassicaceae) Предгорного и Среднегорного Дагестана // Юг России: экология, развитие. – 2024. – Т. 19. – № 3. – С. 8-17.

10. Магомедова М.А. Алимурадова Г.Ф. Успешность семенного размножения левкоя каспийского в лабораторных условиях // Вестник Социально-педагогического института. – 2019. – № 1 (29). – С. 18-23.

11. Османов Р.М., Алиева З.М., Салихова М.В. Особенности естественного и клонального воспроизведения *Matthiola daghestanica* (Brassicaceae) // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Естеств. науки. – 2024. – № 3. – С. 159-167.

12. Литвинская С.А., Муртазалиев Р.А. Флора Северного Кавказа: Атлас-определитель. – М: Фитон XXI, 2013. – 668 с.

13. Львов П.Л. Об охране дагестанских эндемов // Бюллетень Главного ботанического сада. – 1979. – Вып. 114. – С. 20-24.

14. Османов Р.М., Вагабова Ф.А., Исмаилова Ф.И. Предварительный анализ некоторых признаков морфологии, семенной продуктивности и фенольных соединений редкого вида *Matthiola caspica* // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. – 2020. – Т. 14. – № 3. – С. 46-54.

15. Osmanov R., Ayskhanova E., Za inodin R. Variability of morphological traits of the generative shoot of *Matthiola caspica* (Busch) Grossh. in Piedmont Dagestan // BIO Web of Conferences. II International Conference “Problems of Nature Management and Environmental Protection” (ASE-2023). – Grozny, 2023. – P. 06003. DOI: 10.1051/bioconf/20236306003

16. Лакин Г.Ф. Биометрия. – М.: Высшая школа, 1980. – 293 с.

17. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): учебное пособие. – М.: Колос, 1985. – 351 с.

18. Ростова Н.С. Корреляции: структура и изменчивость // Труды Санкт-Петербургского общества естествоиспытателей. – 2002. – Сер. 1. – Т. 94. – 308 с.

19. Синская Е.Н. Проблема популяций у высших растений. – Л.: Сельхозиздат, 1963. – Вып. 2. – 123 с.

20. Магомедмирзаев М.М., Гусейнова З.А., Алибегова А.Н., Магомедова С.М. Проблема адаптивных стратегий растений. – Махачкала: Изд-во «Наука ДНЦ», 2013. – 300 с.

References

1. Solomon J., Shulkina T., Schatz G. (editors). Red List of the Endemic Plants of the Caucasus: Armenia, Georgia, Iran, Russia and Turkey. Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical (MSB) 125. Missouri Botanical Garden Press. – Saint Louis, 2013. – 451 p.

2. Ex Situ Plant Conservation: Supporting Species Survival in the Wild, edited by Edward O. Guerrant Jr., Kayri Havens, and Mike Maunder, 2004. Island Press, 1718 Connecticut Avenue, NW, Suite 300, Washington, DC 20009. – 536 p.

3. Murtazaliev R.A. Abstract of the flora of Dagestan (Lycopodiaceae–Urticaceae) / rep. ed. R.V. Kamelin. – Makhachkala: Epoch, 2009. – Vol. 1. – 319 p.

4. Murtazaliev R.A. Dagestan stock – Matthiola daghestanica (Conti) N. Busch. Red Data Book of the Republic of Dagestan. – Makhachkala: Printing house of IP Dzhamaludinov M.A., 2020. – Pp. 277-278.

5. Rare species of Dagestan flora in the collection of the Mountain Botanical Garden / Z.M. Asadulaev, H.U. Aliyev, A.N. Alibegova [et al.]. – Makhachkala: ALEF, 2025. – 138 p.

6. Dorofeev V.I. Cruciferous plants (Cruciferae Juss.) of the Russian Caucasus // Turczaninowia. – 2003. – Vol. 6 (3). – P. 5-137.

7. Murtazaliev R.A., Teymurov A.A. Dagestan stock – Matthiola daghestanica (Conti) N. Busch. Red Data Book of the Republic of Dagestan. – Makhachkala: 2009. – P. 167-168.

8. Litvinskaya S.A., Murtazaliev R.A. Caucasian element in the flora of the Russian Caucasus: geography, sozology, ecology. – Krasnodar: 2009. – 439 p.

9. Osmanov R.M. Assessment of variability of morphometric traits of plants and age spectrum of cenopopulations of Matthiola daghestanica (Brassicaceae) of the Foothill and Middle Mountain Dagestan // South of Russia: ecology, development. – 2024. – Vol. 19. – No. 3. – P. 8-17.

10. Magomedova M.A., Alimuradova G.F. Success of seed propagation of Caspian stock in laboratory conditions // Bulletin of the Social and Pedagogical Institute. - 2019. - No. 1 (29). - P. 18-23.

11. Osmanov R.M., Alieva Z.M., Salikhova M.V. Features of natural and clonal reproduction of Matthiola daghestanica (Brassicaceae) // News of universities. North Caucasus region. Natural sciences. - 2024. - No. 3. - P. 159-167.

12. Litvinskaya S.A., Murtazaliev R.A. Flora of the North Caucasus: Atlas-key. - M: Fiton XXI, 2013. - 668 p.

13. Lvov P.L. On the protection of Dagestan endemics // Bulletin of the Main Botanical Garden. - 1979. - Issue. 114. - Pp. 20-24.

14. Osmanov R.M., Vagabova F.A., Ismailova F.I. Preliminary analysis of some morphological traits, seed productivity and phenolic compounds of the rare species Matthiola caspica // Bulletin of the Dagestan State Pedagogical University. Natural and exact sciences. - 2020. - Vol. 14. - No. 3. - Pp. 46-54.

15. Osmanov R., Ayskhanova E., Za inodin R. Variability of morphological traits of the generative shoot of Matthiola caspica (Busch) Grossh. in Piedmont Dagestan // BIO Web of Conferences. II International Conference “Problems of Nature Management and Environmental Protection” (ASE-2023). – Grozny, 2023. – P. 06003. DOI: 10.1051/bioconf/20236306003

16. Lakin G.F. Biometrics. – Moscow: Vysshaya shkola, 1980. – 293 p.

17. Dospekhov B.A. Methodology of field experiment (with the basics of statistical processing of research results): a tutorial. – Moscow: Kolos, 1985. – 351 p.

18. Rostova N.S. Correlations: structure and variability // Transactions of the St. Petersburg Society of Naturalists. – 2002. – Ser. 1. – Vol. 94. – 308 p.

19. Sinskaya E.N. The problem of populations in higher plants. – L.: Sel'khozizdat, 1963. – Issue 2. – 123 p.

20. Magomedmirzaev M.M., Guseynova Z.A., Alibegova A.N., Magomedova S.M. The Problem of Adaptive Strategies of Plants. – Makhachkala: Publishing House "Science DNC", 2013. – 300 p.

10.52671/26867591_2026_1_120
УДК 634.75:57.017

ОЦЕНКА ФЕРТИЛЬНОСТИ ПЫЛЬЦЫ СОРТООБРАЗЦОВ ЗЕМЛЯНИКИ САДОВОЙ *(FRAGARIA × ANANASSA* DUCH.*)* В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕГО УРАЛА

ПАВЛОВА О.А. [1], мл. науч. сотрудник
СОРОКОПУДОВ В. Н. [2], д-р с.-х. наук, профессор, гл. науч. сотрудник
[1]Свердловская селекционная станция садоводства – структурное подразделение ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
[2]ФГБУН «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В.Р.Вильямса», п. Мичуринский, Россия

EVALUATION OF POLLEN FERTILITY IN GARDEN STRAWBERRY (FRAGARIA × ANANASSA DUCH.) CULTIVARS UNDER THE CONDITIONS OF THE MIDDLE URALS

PAVLOVA O.A.[1], Junior Research Scientist
SOROKOPUDOV V.N.[2], Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Chief Research Scientist
[1]Sverdlovsk Horticultural Breeding Station – structural division of the Ural Federal Agrarian Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia
[2]Federal Research Center for Feed Production and Agroecology named after V.R. Williams», Michurinsky, Russia

Аннотация. В статье приведены результаты оценки фертильности пыльцы сортообразцов земляники садовой (*Fragaria* x *ananassa Duch.) местной уральской селекции, а также интродуцированных сортов российской и зарубежной селекции.* Исследования выполнены в период цветения в 2024 и 2025 годов на Уникальной научной установке коллекции живых растений открытого грунта «Генофонд плодовых, ягодных и декоративных культур на Среднем Урале», находящейся на полях Свердловской селекционной станции садоводства, структурном подразделение ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН, г. Екатеринбург. Наблюдения и количественные учёты проведены согласно «Программе и методике сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур». Произведён анализ сроков наступления фаз цветения и климатические условия первого и второго года плодоношения. Изучена морфология мужского гаметофита земляники садовой (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) с применением ацетокарминового метода окраски по методике Паушевой З.П. Для 21 сортообразца земляники садовой определены показатели фертильности пыльцы и коэффициент вариации. *По результатам данных исследований установлена зависимость* фертильности пыльцы от генотипических особенностей земляники, произведена кластерная дифференциация по межгодовой изменчивости с определением стабильности признака фертильности. Исследования выполнены при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания по теме «Создание новых сортов сельскохозяйственных культур с заданными потребительскими свойствами устойчивых к абиотическим и биотическим стрессорам на основе существующего генофонда и современных методов селекции, способных реализовывать генетический потенциал продуктивности в нестабильных климатических условиях» (0532-2026-0012).

Ключевые слова: фертильность пыльцы, пыльца, земляника садовая.

Abstract. *The article presents results of pollen fertility assessment in garden strawberry (Fragaria × ananassa Duch.) breeding samples of local Ural origin, as well as introduced cultivars of Russian and foreign selection. The studies were conducted during flowering periods in 2024 and 2025 at the Unique Scientific Facility "Genebank of Fruit, Berry, and Ornamental Crops of the Middle Urals," located at the experimental fields of the Sverdlovsk Selection and Testing Station of Horticulture a structural division of the Federal Research Center "UrFANIC UrB RAS" (Ekaterinburg). Field observations and quantitative measurements were performed according to the "Program and Methodology for Variety Testing of Fruit, Berry, and Nut Crops." Special emphasis was placed on analyzing the timing of flowering phases and climatic conditions during the first and second years of fruiting. The morphology of the male gametophyte specifically garden strawberry pollen (Fragaria × ananassa Duch.) was examined using the acetocarmine staining method following Pausheva Z.P.'s protocol. Pollen fertility rates and coefficients of variation were determined for 21 strawberry samples. Based on the findings, genotype-dependent variation in pollen fertility was established, with cluster analysis performed to differentiate samples by interannual variability and assess trait stability.*

Keywords: *pollen fertility, pollen, garden strawberry.*

Актуальность. Ягодоводство в России в последние 2023-2025 годы демонстрирует интенсивный рост и рекорды урожайности по сравнению с прошлыми периодами, переходя от преобладания частных хозяйств к индустриальному производству. Садовая земляника остаются самой распространённой среди ягодных культур в России, лидируя среди производства смородины и малины. Активное субсидирование государством закладки многолетних насаждений и уходных работ способствует быстрому развитию данной отрасли. Научные работы, направленные на изучение и отбор

сортов земляники с наилучшим комплексом показателей устойчивости к различным факторам и повышение селекционных возможностей культуры, обеспечат независимость и конкурентоспособность отечественной продукции.

Введение. Возделывание в производственных масштабах, систематическое исследование и сортоиспытания земляники садовой *(Fragaria × ananassa* Duch.*)* на Среднем Урале ведётся более 80 лет начиная с 1940 г. на Свердловской областной зональной опытной станции (ныне структурное подразделение ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН) [1, 2]. Фертильность пыльцы изучается в основном для оценки репродуктивного потенциала растений, выявления стерильности и отбора лучших генотипов в селекции. Данный фактор является одним из ключевых показателей, влияющий на завязываемость семян, качество ягод и урожайность [3, 4]. Фертильные пыльцевые зерна отличаются зрелостью, морфологически правильной формой и способностью к оплодотворению. Определяют фертильность методами окрашивания: ацетокарминовым, ацетоорсеиновым, йодным и др. способами [5, 6]. Процент жизнеспособных пыльцевых зёрен зависит от генотипа и факторов окружающей среды [7, 8, 9].

Объекты и методы исследования. Исследования проводились в 2024-2025гг. на УНУ коллекции живых растений открытого грунта «Генофонд плодовых, ягодных и декоративных культур на Среднем Урале», Свердловской селекционной станции садоводства, структурном подразделение ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН, г. Екатеринбург [10, 11]. В качестве объектов исследования использовались 21 сорт земляники садовой отечественной и иностранной селекции. Среди них 15 сортообразцов Свердловской селекции: Виола, Дарёнка, Дуэт, Орлец, 1-29-08 (Ярославна) – раннего срока созревания; Акварель, 2-31-94 (Альтаир), 41-88 (Бова), Гейзер, 3-13-05 (Италмас), Торпеда, Форсаж, 3-45-10 – среднего срока созревания и 2-43-10, 1-43-10 (Алтын) – позднего срока созревания и 6 интродуцированных сортов *Zefyr* – ранний; Купчиха, Первоклассница, Солнечная полянка, Фестивальная – средние и Боровицкая – поздний [12, 13]. Математическая обработка полученного цифрового материала произведена согласно «Методике полевого опыта» с использованием статистического анализа по Доспехову Б.А. [14].

Опыты заложены в 2023 году согласно программе и методике сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. (Орёл, 1999г.) [15]. Запись данных и математическая обработаны проведена с использованием программы Microsoft Office в приложениях Word и Excel.

Для изучения фертильности пыльцы использован оптический бинокулярный микроскоп «Микмед-6» (АО «Ломо», Россия). Оценка проведена согласно методике Паушевой З.П. «Практикум по цитологии растений» (4-е изд., 1988), ацеткарминовым методом [16].

Оценка фертильности приводилась по шкале предложенной Мамаевым С.А. (1965) [17].

Для исследования, в сухую тёплую погоду, в период массового цветения, были отобраны не раскрывшиеся, набухшие бутоны в количестве 12–15 штук с одного сорта. Особое внимание уделялось сортовой типичности куста земляники, материал собирали с 6–7 кустов одного сорта, расположенных в разных частях делянки [18].

Для определения температурно-влажностного режима вегетационных периодов применён гидротермический коэффициент по Г.Т. Селянинову. Классификация зон увлажнения по значению ГТК: переувлажненная - > 1,6; влажная – 1,6–1,3; слабозасушливая 1,3–1,0; засушливая – 1,0–0,7; очень засушливая 0,7–0,4; сухая – < 0,4 [19].

Результаты исследований. Климатические условия в годы исследований значительно отличались по температуре воздуха и незначительно по количеству осадков. В таблице 1 рассчитаны ГТК, в августе 2023 года условия для закладки плодовых почек были благоприятны, как и 2024 году и проходили при влажной и теплой погоде. Условия перезимовки 2023/24, 2024/25 гг. для культуры характеризовались как благополучные. В 2024 году наблюдалась холодная зима средняя температура за год составила 3,8°С, с годовой суммой осадков 609 мм, а в 2025 году среднегодовая температура составила 5,4°С, с суммой осадков 549 миллиметров воды.

Начало вегетации в мае 2024 сопровождалось избыточным увлажнением при прохладной погоде (ГТК 3,91) средняя температура составила 8,0°С, а в 2025 году 13,2°С, при теплой и влажной погоде (ГТК 1,58). Цветение в 2024 и 2025 годах проходило при похожих климатических условиях. С начала третьей декады мая среднесуточная температура воздуха установилась выше 10°С, с разовым кратковременным понижением в 2024 году 23–24 мая до 1,5–0°С в минимуме при средней дневной температуре 5–6°С также как и в 2025 году 24-25 мая до 0–1°С в минимуме при средней дневной 6–9°С. Первая и вторая декада июня были тёплыми и в меру увлажненными, в 2024 году обильные ливни начались с третьей декады, как и в 2025 году это мы можем увидеть по (ГТК 2,54–1,63) соответствующее переувлажнению, но цветение к этому времени завершилось.

Таблица 1 – Показатели гидротермического коэффициента (ГТК) вегетационных периодов 2023–2025 гг.

Год	Гидротермический коэффициент			
	май	июнь	июль	август
2023	0,06	1,35	1,55	1,66
2024	3,91	2,54	1,83	1,15
2025	1,58	1,63	1,39	1,06

Фенологическая фаза цветения началась с 19–23 мая и продолжалась до 19 июня в 2024 году, составив в среднем 18 дней, и до 9 июня в 2025 году составив в среднем 14 дней. Сбор и выделение пыльцы проходило 10 июня в 2024 году и 5 июня в 2025 году. Через сутки после просушки пыльцы провели окрашивание и подсчёт фертильных, стерильных, деформированных и проросших пыльцевых зёрен. Во время подсчёта проводили фотографирование видимых полей на фотокамеру, через оптический бинокулярный микроскоп. Для одного сорта создавали не менее 10 образцов препарата.

По результатам собранных данных произведён расчёт фертильности и созданы таблицы 2 и 3 по годам.

Таблица 2 – Фертильность пыльцы сортов земляники в 2024 г.

№ п/п	Сорт	Фертильность,% $X \pm S_x$	Коэффициент вариации,%	Доля проросшей пыльцы, %
1	Акварель	90,81±5,48	6,03	0
2	1-43-10 (Алтын)	89,00±7,99	8,98	3,00
3	2-31-94 (Альтаир)	94,88±9,17	9,67	3,12
4	41-88 (Бова)	86,91±6,33	7,28	1,39
5	Боровицкая	91,97±7,67	8,34	0,36
6	Виола	95,84±19,85	20,72	3,59
7	Гейзер	87,19±5,23	6,00	0,25
8	Дарёнка	92,34±6,41	6,94	0
9	Дуэт	89,56±8,95	9,99	1,62
10	Zefyr	90,22±6,51	7,21	0,63
11	3-13-05 (Италмас)	85,64±16,77	19,58	0,51
12	Купчиха	88,77±5,58	6,29	0,36
13	Орлец	97,66±9,95	10,19	0,39
14	Первоклассница	94,74±14,01	14,78	2,48
15	Солнечная полянка	94,07±7,12	7,57	0,54
16	Торпеда	92,58±6,70	7,24	2,67
17	Фестивальная	94,04±10,96	11,66	0,63
18	Форсаж	70,08±12,94	18,46	0,21
19	1-29-08 (Ярославна)	94,04±9,80	10,42	0
20	3- 45-10	83,05±4,55	5,48	0
21	2-43-10	91,55±7,98	8,72	2,95

В таблице 2 по 2024 году практически все сорта показали высокую фертильность от 83,05% до 97,66%, самый высокий показатель фертильности у сорта Орлец, и только один сорт Форсаж показал среднюю фертильность 70,08%. Высокая фертильность пыльцы связана как с оптимальными условиями окружающей среды во время взятия проб, влажность 60–80% и отсутствие жары >25°С, так и с генетическим фактором высокой жизнеспособности пыльцы (80–95%).

По коэффициенту вариации при изучении фертильности пыльцы земляники нами показана степень стабильности качества пыльцы у разных сортов и охарактеризован относительный разброс данных, на сколько сильно фертильность отличается от среднего значения, это позволило оценить выравненность или изменчивость признака по шкале С.А. Мамаева.

Показатели коэффициента вариации наблюдались в пределах 5,48-20,72%. Средняя вариабельность пыльцы отмечена у сортов: Виола, 3-13-05 (Италмас), Форсаж, Первоклассница с показателями (20,72%; 19,58%; 18,46%; 14,78%) соответственно. Остальные сортообразцы продемонстрировали низкий (CV) (5,48-11,66%), что указывает на стабильный признак высокой фертильности.

Доля проросшей пыльцы при ацетокарминовом методе является не точным, но говорит о жизнеспособности и функциональном качестве мужских гамет показывая реальную готовность пыльцы к оплодотворению. В 2024 году этот показатель варьировал от 0% до 3,59%, у сортообразцов Акварель, Дарёнка, 1-29-08 (Ярославна) и 3-45-10 проросшей пыльцы не обнаружено, но окрашивание цитоплазмы пыльцевых зерен у этих образцов указывает на высокую фертильность.

В 2025 году данные по аналогичному исследованию представлены в таблице 3. Все сорта без исключения показали высокую фертильность с показателями 88,57% у сорта Орлец до 100% у 2-31-94 (Альтаир). Высокую фертильность мы также как и в 2024 году связываем с благоприятными климатическими условиями в период цветения и с генотипической особенностью сортов.

Таблица 3 – Фертильность пыльцы сортов земляники в 2025 г.

№ п/п	Сорт	Фертильность,% $X \pm S_x$	Коэффициент вариации (CV),%	Доля проросшей пыльцы, %
1	Акварель	97,87±7,79	7,96	0
2	1-43-10 (Алтын)	92,74±6,26	6,73	0
3	2-31-94 (Альтаир)	100±5,17	5,17	0
4	41-88 (Бова)	98,72±13,81	13,9	0,64
5	Боровицкая	98,31±7,5	7,6	0,44
6	Виола	94,82±16,83	17,33	2,27
7	Гейзер	98,96±13,03	13,17	0
8	Дарёнка	98,28±3,17	3,22	0
9	Дуэт	95,58±3,52	3,62	1,77
10	Zefyr	94,78±5,02	5,25	0,87
11	3-13-05 (Италмас)	98,94±13,10	13,24	0
12	Купчиха	99,11±12,82	12,94	0
13	Орлец	88,57±2,49	2,72	2,86
14	Первоклассница	99,64±14,16	14,21	0
15	Солнечная полянка	97,62±7,10	7,28	0
16	Торпеда	92,42±6,60	7,14	0
17	Фестивальная	92,05±3,96	4,25	1,14
18	Форсаж	98,57±9,87	10,01	0
19	1-29-08 (Ярославна)	95,20±11,83	12,43	0
20	3- 45-10	95,65±3,52	3,66	0,64
21	2-43-10	99,21±31,70	31,95	0

При этом показатели коэффициента вариации в 2025 году составили 2,72–31,95%. Высокая вариабельность отмечена у образца 2-43-10, средняя у – Виола, Первоклассница, 3-13-05 (Италмас), Гейзер, Купчиха, 1-29-08 (Ярославна), у остальных сортообразцов низкий уровень 2,72–10,01%, указывающий на стабильный признак высокой фертильности.

Таблица 4 – Фертильность пыльцы сортов земляники за 2024–2025 гг.

№ п/п	Сорт	Фертильность,% ($X \pm S_x$)		Среднее за 2 года	
		2024 г.	2025 г.	Ф, %	V, %
1	Акварель	90,81±5,48	97,87±7,79	94,34	7,00
2	1-43-10 (Алтын)	89,00±7,99	92,74±6,26	90,87	7,86
3	2-31-94 (Альтаир)	94,88±9,17	100±5,17	97,44	7,42
4	41-88 (Бова)	86,91±6,33	98,72±13,81	92,82	10,59
5	Боровицкая	91,97±7,67	98,31±7,5	95,14	7,97
6	Виола	95,84±19,85	94,82±16,83	95,33	19,03
7	Гейзер	87,19±5,23	98,96±13,03	93,08	9,59
8	Дарёнка	92,34±6,41	98,28±3,17	95,31	5,08
9	Дуэт	89,56±8,95	95,58±3,52	92,57	6,81
10	Zefyr	90,22±6,51	94,78±5,02	92,50	6,23
11	3-13-05 (Италмас)	85,64±16,77	98,94±13,10	92,29	16,41
12	Купчиха	88,77±5,58	99,11±12,82	93,94	9,62
13	Орлец	97,66±9,95	88,57±2,49	93,12	6,46
14	Первоклассница	94,74±14,01	99,64±14,16	97,19	14,50
15	Солнечная полянка	94,07±7,12	97,62±7,10	95,85	7,43
16	Торпеда	92,58±6,70	92,42±6,60	92,50	7,19
17	Фестивальная	94,04±10,96	92,05±3,96	93,05	7,96
18	Форсаж	70,08±12,94	98,57±9,87	84,33	14,24
19	1-29-08 (Ярославна)	94,04±9,80	95,20±11,83	94,62	11,43
20	3-45-10	83,05±4,55	95,65±3,52	89,35	4,57
21	2-43-10	91,55±7,98	99,21±31,70	95,38	20,34

По результатам двухлетних исследований сформирована сводная таблица 4, в которой произведён расчёт средних показателей фертильности и коэффициента вариации. По усредненным данным все сорта показали высокую фертильность 84,43–97,44%, при этом коэффициент вариации по сортам распределился следующим образом, средняя вариабельность у сортообразцов 2-43-10 (20,34%), Виола (19,03%), 3-13-05 (Италмас) (16,41%), Первоклассница (14,50%) и Форсаж (14,24%) у данных сортов признак высокой фертильности не стабилен и подвержен влиянию внешних факторов в средней степени по отношению к остальным сортам показавшим низкий уровень вариабельности (4,57–11,43%), то есть признак высокой фертильности стабильный.

Низкий уровень изменчивости изучаемого признака свидетельствует о его зависимости, главным образом, от генотипических особенностей сорта.

Проведя двухфакторный анализ, в котором первый фактор измерения за год, а второй среднее абсолютное значение и назвав среднюю за 2 года фертильность – генетическим потенциалом, а разницу по годам – экологической пластичностью, распределили сортообразцы на четыре кластера. В кластерах сортообразцы объединены по типам, первый тип высокая и стабильная зеленый цвет, второй тип высокая и пластичная желтый цвет, третий – средняя и пластичная красный цвет, четвертый – средняя и стабильная синий цвет. Сортообразцы на рисунке 1 отображены числами разного цвета, в зависимости от типа, соответствующие порядковым номерам сортов в выше представленных таблицах 2, 3, 4.

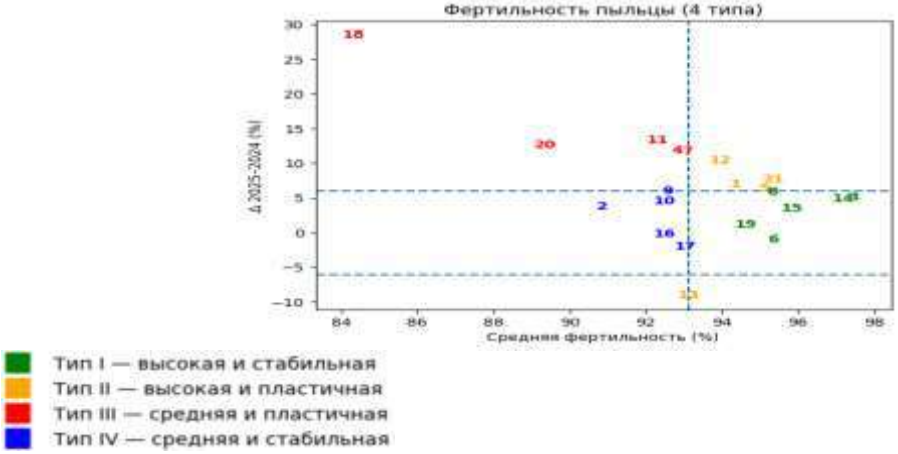


Рисунок 1 – Двухфакторный анализ фертильности пыльцы по данным за 2 года

На рисунке 2 в свечной диаграмме показаны максимальное и минимальное значение фертильности по годам, пустая рамка означает, что фертильность упала, закрашенная, что она выросла. Цвета имеют то же значение, что и в первом рисунке.

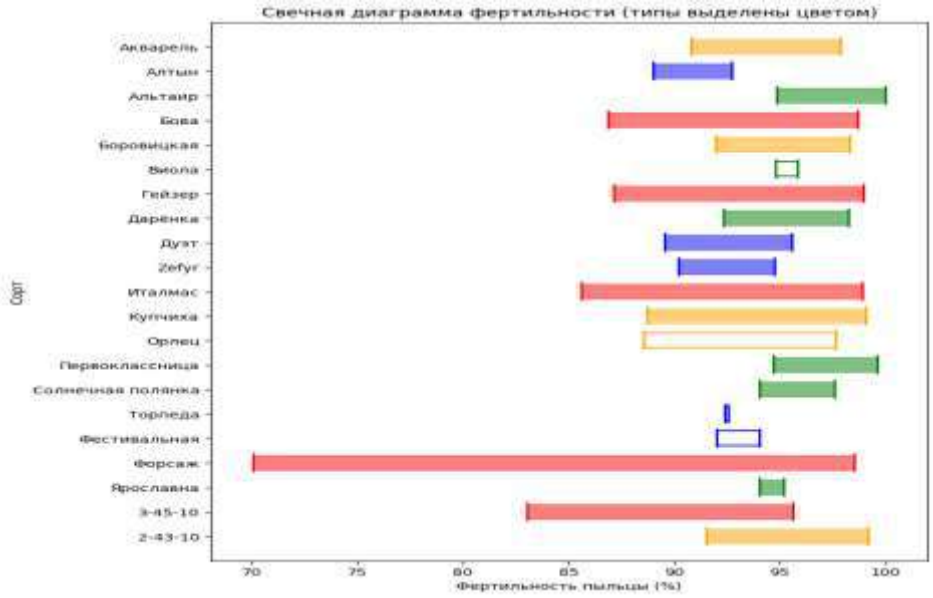


Рисунок 2 – Экстремумы фертильности за 2 года исследования

Сформированные четыре кластера характеризуются следующим образом:

Тип I – высокая и стабильная, отмеченная зеленым цветом, показывает

высокий уровень среднего абсолютного значения и низкую межгодовую изменчивость, представлена сортами: 2-31-94 (Альтаир), Виола, Дарёнка, Первоклассница, Солнечная полянка, Ярославна. Эти сорта проявились как генотипически сильные и устойчивые формы.

Тип II – высокая и пластичная, отмеченная желтым цветом показывает высокие уровень среднего абсолютного значения, но сильную реакцию на год. Представлена сортами: Акварель, Боровицкая, Купчиха, Орлец, 2-43-10. Данные сорта генотипически сильные, но чувствительные к условиям среды. Могут давать максимум в благоприятные годы.

Тип III – средняя и пластичная, отмеченная красным цветом, показала средний потенциал и сильную межгодовую реакцию. Представлена сортами: Бова, Гейзер, Италмас, Форсаж, 3-45-10. Самая зависимая от внешних факторов группа с вышедшим в экстремум сортом Форсаж (+28%).

Тип IV – средняя и стабильная отмеченная синим цветом, показала среднее абсолютное значение фертильности и слабую реакцию по годам. Представлена сортами: Алтын, Дуэт, *Zefyr*, Торпеда, Фестивальная это умеренно надёжные сорта, без резких скачков.

Выводы. Проведя исследования 21 сортообразца земляники садовой по фертильности пыльцы в 2024–2025 годах были созданы и представлены четыре типа группировки сортов по генотипическим особенностям и устойчивости признака. Данная группировка позволяет выявить для гибридизации сорта с наиболее высокими и стабильными признаками фертильности.

Список литературы

1. Макаренко С. А. и др. Помология Урала: сорта плодовых, ягодных культур и винограда. – Екатеринбург: УрФАНИЦ УрО РАН, 2022. – 496 с.

2. Маркова М.Г., Невоструева Е.Ю. Отбор и оценка исходного материала для селекции земляники садовой // Современные тенденции технологического развития АПК: мат. междунар. науч.-практ. конференции, посвященной Десятилетию науки и технологий и 300-летию Российской академии наук. – Ижевск, 2025. – С. 97-106.

3. Castro P. и др. Genetic diversity and pollen fertility in strawberry (Fragaria × ananassa Duch.) genotypes. Euphytica. 2013. Т. 193, № 2. С. 415-425. DOI: 10.1007/s10681-013-0895-8.

4. Petkova M. et al. Pollen fertility and viability in strawberry cultivars (Fragaria × ananassa Duch.) under stress conditions. Bulgarian Journal of Agricultural Science. 2020. Vol. 26, № 4. P. 789-795. DOI: 10.1080/0568-2510.2020.1734567.

5. Wozniak A. и др. Pollen viability and fertility of strawberry (Fragaria × ananassa Duch.) cultivars. Scientia Horticulturae. 2017. Vol. 225. P. 191-197. DOI: 10.1016/j.scienta.2017.06.057.

6. Цаценко Л.В., Логвинов А.В. Пыльцевой анализ растений в селекционной практике: монография. – Краснодар: Просвещение-Юг, 2021. – 101 с.

7. Круглова Н.Н. Оценка качества пыльцевых зёрен цветковых растений (обзор) // Бюллетень ГНБС. – 2020. – Вып. 135. – С. 50–56.

8. Дахно О.А., Дахно Т.Г. Репродуктивные особенности интродуцированных сортов земляники крупноплодной в условиях юго-восточной части Камчатки // Аграрный журнал России. – 2018. – Т. 12. – № 2. – С. 21-27. DOI: 10.24411/1999-6837-2018-12021.

9. Авдеева З.А., Аминова Е.В. Влияние погодных условий периода вегетации на прохождение фенологических фаз у сортов земляники // Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН. – 2021. – № 4. – С.1-6.

10. СлепневаТ.Н., Чеботок Е.М. Сохранение и пополнение генетических ресурсов плодовых, ягодных и декоративных культур путем создания уникальной научной установки коллекции живых растений открытого грунта // Сборник научных трудов Государственного Никитского ботанического сада. – 2017. – № 144. – Ч. 1. – С. 54-58. EDN: ZEKQNB.

11. Павлова О.А., Сорокопудов В.Н. Земляника садовая на Среднем Урале // Питомник и частный сад. – 2024. – № 3. – С. 18-24.

12. Невоструева Е.Ю., Карпухин М.Ю., Мишарина Е.А. Коллекционное сортоизучение земляники садовой в условиях Среднего Урала // Актуальные вопросы плодоводства, садоводства и ландшафтного дизайна: сборник. – Екатеринбург: 2024. – С. 46-56.

13. Павлова О.А. Лучшие сорта садовой земляники для Среднего Урала. – Екатеринбург: Шторм, 2023. – 96 с.: ил. ISBN 978-5-901764-19-0.

14. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): учебное пособие. – М.: Колос, 1985. – 351 с.

15. Воронова О.Н., Гаврилова В.А. Количественный и качественный анализ пыльцы подсолнечника *(Helianthus L.)* и его использование в селекционной работе // Труды по прикладной ботанике, генетики и селекции. 2019. – Вып. 180 (1). – С. 95–104.

16. Паушева З. П. Практикум по цитологии растений. – М.: Агропромиздат, 1988. – С.208-210.

17. Мамаев С. А. Морфологическая изменчивость пыльцы Pinus sylvestris, произрастающей на Урале // Ботанический журнал. – 1965. – Т. 50. – № 5. – С. 680-685.

18. Зарипова В.М. Фенология и формирование компонентов продуктивности интродуцированных сортов земляники садовой в условиях южной лесостепи Башкортостана // Известия Кабардино-Балкарского

государственного аграрного университета. – 2024. – Т. 23. – № 3 (64). – С. 68-73. DOI: 10.33775/1684-2464-2024-64-3-68-73.

19. Федоров А.В. Сельскохозяйственная гидрометеорология. – Л.-М.: Гидрометеоиздат, 1938. – С. 271.

References

1. Makarenko S. A. et al. Pomology of the Urals: varieties of fruit, berry crops and grapes. - Ekaterinburg: Ural Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 2022. - 496 p.

2. Markova M. G., Nevostrueva E. Yu. Selection and evaluation of source material for breeding garden strawberries // Modern trends in technological development of the agro-industrial complex: Proceedings of the international scientific and practical conference dedicated to the Decade of Science and Technology and the 300th anniversary of the Russian Academy of Sciences. - Izhevsk, 2025. - P. 97-106.

3. Castro P. et al. Genetic diversity and pollen fertility in strawberry (Fragaria × ananassa Duch.) genotypes. Euphytica. 2013. Vol. 193, No. 2. pp. 415-425. DOI: 10.1007/s10681-013-0895-8.

4. Petkova M. et al. Pollen fertility and viability in strawberry cultivars (Fragaria × ananassa Duch.) under stress conditions. Bulgarian Journal of Agricultural Science. 2020. Vol. 26, No. 4. P. 789-795. DOI: 10.1080/0568-2510.2020.1734567.

5. Wozniak A. et al. Pollen viability and fertility of strawberry (Fragaria × ananassa Duch.) cultivars. Scientia Horticulturae. 2017. Vol. 225. P. 191-197. DOI: 10.1016/j.scienta.2017.06.057.

6. Tsatsenko L.V., Logvinov A.V. Pollen analysis of plants in breeding practice: monograph. – Krasnodar: Prosveshchenie-Yug, 2021. – 101 p.

7. Kruglova N.N. Assessment of the quality of pollen grains of angiosperms (review) // Bulletin of the State Scientific Botanical Garden. – 2020. – Issue. 135. – Pp. 50–56.

8. Dakhno O.A., Dakhno T.G. Reproductive features of introduced large-fruited strawberry varieties in the conditions of the southeastern part of Kamchatka // Agrarian Journal of Russia. – 2018. – Vol. 12. – No. 2. – Pp. 21–27. DOI: 10.24411/1999-6837-2018-12021.

9. Avdeeva Z.A., Aminova E.V. Influence of weather conditions during the growing season on the passage of phenological phases in strawberry varieties // Bulletin of the Orenburg Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. - 2021. - No. 4. - Pp. 1-6.

10. Slepneva T.N., Chebotok E.M. Conservation and replenishment of the genetic resources of fruit, berry and ornamental crops by creating a unique scientific installation of a collection of live open-ground plants // Collection of scientific papers of the State Nikitsky Botanical Garden. - 2017. - No. 144. - Part 1. - Pp. 54-58. EDN: ZEKQNB.

11. Pavlova O.A., Sorokopudov V.N. Garden strawberries in the Middle Urals // Nursery and private garden. - 2024. - No. 3. - Pp. 18-24.

12. Nevostrueva E.Yu., Karpushin M.Yu., Misharina E.A. Collection study of garden strawberries in the conditions of the Middle Urals // Current issues of fruit growing, horticulture and landscape design: collection. - Ekaterinburg: 2024. - Pp. 46-56.

13. Pavlova O.A. The best varieties of garden strawberries for the Middle Urals. - Ekaterinburg: Storm, 2023. - 96 p.: ill. ISBN 978-5-901764-19-0. 14. Dospekhov B. A. Methodology of field experiment (with the basics of statistical processing of research results): a tutorial. - Moscow: Kolos, 1985. - 351 p.

15. Voronova O. N., Gavrilova V. A. Quantitative and qualitative analysis of sunflower pollen (Helianthus L.) and its use in breeding work // Works on applied botany, genetics and breeding. 2019. - Issue. 180 (1). - P. 95-104.

16. Pausheva Z. P. Practical training in plant cytology. - Moscow: Agropromizdat, 1988. - P. 208-210.

17. Mamaev S. A. Morphological variability of Pinus sylvestris pollen growing in the Urals // Botanical Journal. – 1965. – Vol. 50. – No. 5. – Pp. 680-685.

18. Zaripova V.M. Phenology and formation of productivity components of introduced garden strawberry varieties in the southern forest-steppe of Bashkortostan // Bulletin of the Kabardino-Balkarian State Agrarian University. – 2024. – Vol. 23. – No. 3 (64). – Pp. 68-73. DOI: 10.33775/1684-2464-2024-64-3-68-73.

19. Fedorov A.V. Agricultural hydrometeorology. – Leningrad-M: Gidrometeoizdat, 1938. – P. 271.

10.52671/26867591_2026_1_126
УДК 634.4

ФЕНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЯБЛОНИ ДОМАШНЕЙ 'NEVILLE COPEMAN' В УСЛОВИЯХ Г. ВОРОНЕЖА

СКОК А. В. [1], канд. биол. наук, заведующий кафедрой «Ландшафтная архитектура и садово-парковое строительство»
ГОРОХОВЦЕВ А.О. [1], аспирант
СОРОКОПУДОВ В. Н. [2], д-р с.-х. наук, профессор
[1] ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», г. Брянск
[2]Всероссийский научно-исследовательский институт люпина – филиал Федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В.Р. Вильямса», г. Москва, Россия

PHENOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE DOMESTIC APPLE 'NEVILLE COPEMAN' IN THE URBAN ENVIRONMENT OF VORONEZH

SKOK A.V.[1], Candidate of Biological Sciences, Head of the Department of Landscape Architecture and Garden and Park Construction
GOROKHOVTSEV A.O.[1], postgraduate student
SOROKOPUDOV V.N.[2], Doctor of Agricultural Sciences, Professor
[1]Bryansk State University of Engineering and Technology, Bryansk, Russia
[2]All-Russian Research Institute of Lupine - branch of the Federal Scientific Center for Forage Production and Agroecology named after V.R. Williams, Moscow, Russia

Аннотация. Проведено изучение яблони домашней *Malus domestica* 'Neville Copeman' с целью возможного возделывания на территории Воронежской области. Были выяснены особенности прохождения основных фенологических фаз яблони домашней как одного из показателей акклиматизации растений в определенных экологических условиях. Работа охватывает основные этапы вегетационного цикла растения, включая начало вегетации, цветение, плодоношение и листопад. Также проводится анализ влияния урбанизированного микроклимата на стабильность плодоношения, определены возможные причины, определяющие успешную адаптацию изученного сорта в условиях региона исследований.

Фенологический мониторинг показал характерные черты вегетативного развития изучаемого вида в условиях урбоэкосистемы. *Malus domestica* 'Neville Copeman' – это растение с выраженной криотолератностью, высокой скоростью регенерации и умеренным уровнем устойчивости к фитопатагенам, которое в условиях Воронежа демонстрирует оптимальное развитие, обусловленное благоприятным сочетанием почвенно-климатических факторов и спецификой городской среды. Мониторинг сезонного развития выявил синхронность протекания физиологических и биохимических процессов. Стремительный рост запасов пластичных веществ совпадает по времени с обменными циклами. Данные процессы приводят к привлечению множества опылителей и снижает вероятность повреждения цветков и завязей весенними заморозками.

Ключевые слова: фенологические особенности, фенологические фазы, вегетативные периоды, яблоня домашняя, городская среда.

Abstract. *The study of the domestic apple tree, Malus domestica 'Neville Copeman', was conducted with the aim of possible cultivation in the Voronezh region, which is of practical and theoretical interest. The study revealed the features of the main phenological phases of the domestic apple tree as one of the indicators of plant acclimatization in specific environmental conditions. The work covers the main stages of the plant's vegetative cycle, including the beginning of vegetation, flowering, fruiting, and leaf fall. The study also analyzes the impact of the urbanized microclimate on the stability of fruiting and identifies possible reasons for the successful adaptation of the studied variety in the research region.*

Phenological monitoring showed the characteristic features of the vegetative development of the studied species in the conditions of the urban ecosystem. Malus domestica 'Neville Copeman' is a plant with pronounced cryotolerance, high regeneration rate, and moderate level of resistance to phytopathogens, which demonstrates optimal development in the conditions of Voronezh due to a favorable combination of soil and climatic factors and the specifics of the urban environment. Monitoring of seasonal development revealed the synchrony of physiological and biochemical processes. The rapid growth of plastic substances coincides with the exchange cycles. These processes attract many pollinators and reduce the likelihood of damage to flowers and ovaries by spring frosts.

Keywords: *phenological characteristics, phenological stages, vegetative periods, domestic apple tree, urban environment.*

Введение. *Malus domestica* 'Neville Copeman' – это декоративная яблоня, изначально выведенная в Великобритании в целях достижения таких агрономических характеристик, как устойчивость к болезням, высокое качество плодов и адаптация к многообразным климатическим условиям. Исследуемая форма произрастает в парке отдыха, расположенном в центре Воронежа – в Кольцовском сквере.

Фенологический спектр яблони декоративной выражен особенностями климатических условий города. Так ускоренный рост весенних температур столицы Черноземья способствует раннему началу вегетативного периода, что проявляется в заблаговременном набухании почек и распускании листьев. Начало листопада, а также его окончание, в свою очередь, смещается на более поздний срок, удлиняя продолжительность фенологического цикла.

В качестве отличительных характеристик яблони, влияющих на этапы фенологического развития, рекомендуется уделить особое внимание на:

- развитие на хорошо дренированных, плодородных почвах с нейтральной или слабокислой реакцией в диапазоне (pH 6,0-7,0), обеспечивающее комфортные условия для дыхания корней, активности микробов и доступности основных и микроэлементов;
- высокую зимостойкость и способность к самовосстановлению после возвратных заморозков;
- обильное цветение, активно привлекающее насекомых-опылителей и тем самым способствующее регулярному плодоношению;
- среднюю устойчивость к распространенным болезням, включая увядание цветков, бурую гниль и мучнистую росу (рис. 1).



Рисунок 1 – ***Malus domestica*** **'Neville Copeman'**

Современная дендрология исследует сезонное развитие культур как комплексную систему взаимосвязанных процессов, где температурные показатели выступают определяющим регуляторным механизмом, детерминирующим адаптационную пластичность сортов.

Анализ экспериментальных материалов позволяет установить, что переход яблони в активный вегетационный период детерминирован достижением определенного термического порога [1]. Критическим значением выступает преодоление планки в 5°С по сумме эффективных температур, в интервале 50,7-62,1°С, при общей продолжительности вегетации 227-243 суток. Установленные термофенологические корреляции наиболее значимы в целях моделирования сезонного развития сорта яблони в условиях Воронежа, характеризующихся выраженной континентальностью климата.

Антропогенно преобразованная среда урбоэкосистемы продуцирует уникальный комплекс модификаторов, кардинально реструктурирующих естественную фенологическую динамику [10, 11, 24]. В контексте изысканий Григорьевой С.О. с соавторами, выполненных на базе Ботанического сада им. Вс.М. Крутовского, выявлен феномен выраженного фенотипического полиморфизма форм яблони по параметрам роста в условиях антропогенной нагрузки [7]. Урбаногенные ландшафты формируют специфический экотоп, характеризующийся аномальным термическим режимом («тепловой купол»), деградацией почвенного покрова (соленеаккумуляция, сукцессия уплотнения) и дисбалансом гидрологического гомеостаза. Синергетический эффект указанных детерминант, согласно наблюдениям Арслановой Л.Э. и Челебиева Э.Ф. потенцирует хронологический сдвиг фенологических стадий, манифестирующий, в частности, акселерацией процессов плодоношения относительно референсных хронорядов.

Фенологическая лабильность популяций, экспериментально зафиксированная естественной селекцией, в урбосреде включается в ремоделировании сезонных ритмов развития. Микроклиматические аномалии городского пространства порождают каскад адаптивных перестроек онтогенеза, выражающихся в трансформации традиционных фенологических паттернов [2, 25]. Результатом данной перестройки является формирование фенологического профиля, отражающего компромисс между генетической программой развития и давлением антропогенных факторов. В городской среде особое значение имеет фитосанитарный статус. Гашенко Т.А. и Васеха В.В. в своем исследовании 2013 года рассматривают аспекты резистентности к патогенам в рамках полимодальных воздействий [6, 23].

Ученым на практике удалось подтвердить эффективность привлечения доноров резистентности, таких как сорт 'Сябрына' (Vf-ген), обеспечивающих получение до 84% сеянцев, имеющих иммунитет к поражению паршой. Определенный фактор играет ключевую роль для города, потому как физиологическое истощение растений, происходящее под многокомпонентным антропогенным прессом, создает подходящие условия для доминирования фитопатогенов.

Исследования генетических основ селекции под руководством Григорьевой С.О. и соавторов показали существенную вариабельность потомства по биометрическим признакам. Так, растения от реципрокных скрещиваний продемонстрировали прирост высоты на 29,7% и диаметра на 12,9%, что подчёркивает значимость целенаправленного отбора родительских пар [7].

Полученные результаты подтверждают необходимость продуманного комбинирования генотипов для вывода форм, устойчивых к урбанистическим условиям и сохраняющих высокую

продуктивность при антропогенной нагрузке.

Цель исследований – определить и охарактеризовать фенологические особенности сорта яблони в условиях городской среды Воронежа, установить сроки и длительность ключевых фенологических фаз растения (вегетация, цветение, плодоношение и листопад), проанализировать их влияние урбанизированного микроклимата на стабильность плодоношения.

Объекты и методы исследований. Объектом исследования является *Malus domestica* 'Neville Copeman'. За весь период фенологического наблюдения отмечалась разнообразность погодных условий, что позволило оценить уровень зимостойкости растения, его способность к самовосстановлению после возвратных заморозков, а также степень устойчивости к распространенным болезням. Фенологические наблюдения осуществлялись исходя из общепринятой «Программой и методикой сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур» [12].

Результаты исследований. В рамках проведенного исследования осуществлялся мониторинг сезонного развития данной формы с применением современных фенологических методик. На протяжении вегетационных периодов фиксировались динамика и сроки прохождения основных фенологических фаз: начала и окончания вегетации, цветения, плодоношения и постепенного перехода в состояние покоя. Особое внимание уделялось изучению влияния термического режима на ростовые процессы и репродуктивное развитие растения (табл.1).

Таблица 1 – Фенологическое исследования *Malus domestica* 'Neville Copeman'

Фенологическая фаза	Отклонение (в днях)
Вегетация	
Набухание почек	21.03±2
Распускание почек	30.03±1
Развертывание листьев	05.04±2
Окончание роста листьев	14.07±1
Цветение	
Бутонизация	14.04±1
Начало цветения	22.04±2
Массовое цветение	30.04±2
Окончание цветения	07.05±1
Плодоношение	
Заложение плодов	17.05±2
Созревание плодов	19.09±1
Опадение плодов	29.11±2
Листопад	
Изменение окраски листьев	19.10±2
Начало листопада	04.11±1
Окончание листопада	23.11±2

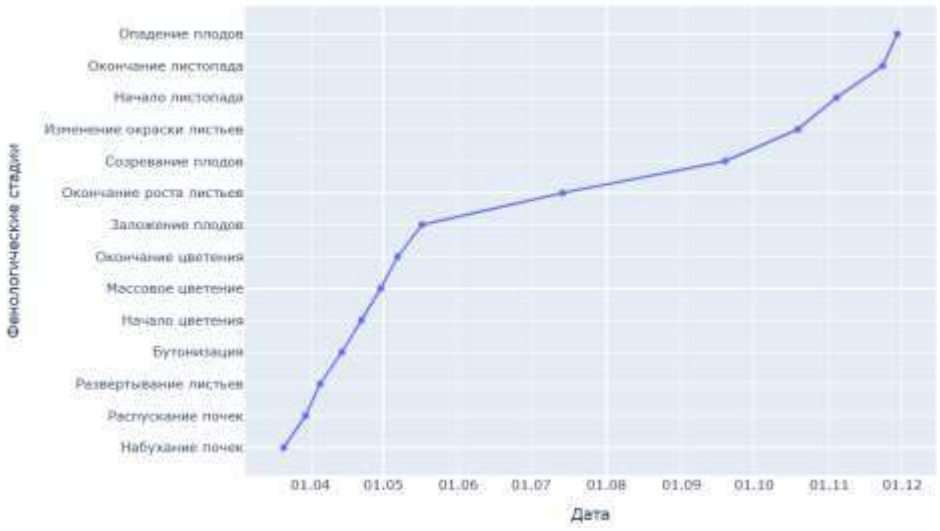


Рисунок 2 – Динамика фенологических фаз *Malus domestica* 'Neville Copeman'

Фенологический мониторинг показал характерные черты вегетативного развития изучаемого вида в условиях урбоэкосистемы. Начало вегетационного периода 21 марта (±2 дня) позволяет сделать вывод о выраженной адаптации растения к микроклиматическим условиям урбанизированной городской среды. Данный фенологический параметр на 7-10 дней опережает имеющиеся фенологические данные для яблонь в Центральном Черноземье, что, безусловно, связано с проявлением эффекта «теплового острова» для урбанизированной территории [14-15].

Дата начала бутонизации 14 апреля (±1 день) в условиях бездефицитного теплого периода, определенно, свидетельствует об успешной аккумуляции ассимилятов и об отсутствии метаболической несоответствующей статики. Начало цветения 22 апреля (±2 дня) имеет место в оптимальном температурном (+10…+12°С) и фенологическом (предшествующие 10-12 дней без осадков) режимах для цветения яблонь, что активизирует опылителей и снижает вероятность неблагоприятных заморозков.

Пятнадцатидневное цветение в условиях поэтапного раскрытия цветков формирует расширенное временное окно для перекрестного опыления, стратификации и нивелирует неблагоприятные погодные условия. Заложение плодов 17 мая (±2 дня) в бездефицитном, по сравнению с предшествующей и предшествующей репродуктивной фазами и стабильной прохождения репродуктивных фаз с низкими значениями стандартного отклонения, подтверждает надежную адаптацию яблони к специфике антропогенной среды и его ценность для городского озеленения.

Дата съемной зрелости плодов (19 сентября ± 1 день) позволяет классифицировать вид в осеннюю группу зрелости. Это соответствует его генетическим характеристикам, дополнительно продлевающим период потребления свежей продукции. Продленный период сбрасывания плодов до 29 ноября (± 2 дня) указывает на постепенное осуществление репродуктивной функции и эффективное перераспределение питательных веществ между генеративными и вегетативными органами на финальном этапе вегетационного периода [16, 18].

Наиболее высокий уровень научно-практической значимости показывает динамика подготовки растения к зимнему покою. Начало изменения окраски листьев наступает 19 октября (±2 дня) и совпадает с процессами деградации хлорофилла, аккумуляции фотосинтетических пигментов, выполняющих защитную функцию. Последовательное прохождение фаз листопада с 4 по 23 ноября (±1-2 дня) демонстрирует физиологически обоснованную стратегию подготовки к неблагоприятным зимним условиям, включающую градуальное прекращение процессов роста, накопление резервных питательных соединений в многолетних структурах растения, дифференциация тканей, направленная на повышение резистентности к воздействию мороза, а также уменьшение гидратации клеточных структур.

Наблюдаемое в ходе исследования смещение фенологических фаз в сторону более раннего начала вегетации (на 7-10 суток) относительно данных, ранее зафиксированных для Крыма Арслановой Л.Э. и Челебиевым Э.Ф. коррелирует с эффектом теплового антропогенного поля урбанизированных территорий. Удлинение общего вегетационного цикла относительно среднестатистических значений, характерных для яблони в условиях Центрального Черноземья, указывает на повышенный адаптационный резерв изученной формы.

Заключение. Исследование фенологических особенностей *Malus domestica* 'Neville Copeman' в условиях городской среды Воронежа позволило получить следующие результаты:

Malus domestica 'Neville Copeman' – это растение с выраженной криотолератностью, высокой скоростью регенерации и умеренным уровнем устойчивости к фитопатагенам, которое в условиях Воронежа демонстрирует оптимальное развитие, обусловленное благоприятным сочетанием почвенно-климатических факторов и спецификой городской среды.

Мониторинг сезонного развития выявил синхронность протекания физиологических и биохимических процессов. Стремительный рост запасов пластичных веществ совпадает по времени с обменными циклами. Данные процессы приводят к привлечению множества опылителей и снижает вероятность повреждения цветков и завязей весенними заморозками.

Отмечается опадание небольшого количества завязей и интенсивность митоза в плодовых тканях. Колебания длительности репродуктивного цикла незначительны, поэтому генотип устойчиво включается в городской биоценоз и пригоден для урбоэкологических программ.

Завершающие фазы развития организма демонстрируют продолжительный период использования репродуктивной способности при перераспределении веществ между листьями и запасающими органами без избытка. Повышенное образование каротиноидов защищает ткани, а упорядоченное усыхание листьев повторяет наследственный план подготовки к зиме.

Опираясь на результаты исследований, можно сделать вывод о рациональности включения *Malus domestica* 'Neville Copeman' в систему ландшафтной архитектуры Воронежа из-за повышенной толерантности к раздражителям городской инфраструктуры, устойчивого развития и продемонстрированным дендрологическим качествам, отвечающим на вызовы современного зеленого строительства.

Список литературы

1. Арсланова Л.Э., Челебиев Э.Ф. Фенологические особенности развития некоторых сортов и перспективных форм яблони // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. – 2022. – С. 118-125.

2. Афанасьева Н.Б., Березина Н.А. Экология растений: учебник в 2 ч. – 2-е изд. доп. – 2024. – Ч. 1. – 46 с.

3. Барсукова О.Н. Североамериканские виды яблони – источники хозяйственно ценных признаков для использования в селекции // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2021. – С. 86-90.

4. Оценка декоративных признаков яблони коллекции Федерального научного центра им. И.В. Мичурина / Н.В. Борзых, А.С. Земисов, А.Н. Юшков [и др.] // Садоводство и виноградарство. – 2023. – С. 36-43. – EDN rjoudx.

5. Методика ведения фенологических наблюдений / Д.Р. Владимиров, А.А. Гладилин, А.Е. Гнеденко [и др.]. – М.: Альпина ПРО. – 2023. – 208 с.

6. Гашенко Т.А., Васеха В.В. Устойчивость к парше и мучнистой росе гибридных популяций яблони в селекционном питомнике // Современное садоводство. – 2013. – Т. 37. – С. 45-52.

7. Григорьева С.О., Матвеева Р.Н., Репях М.В. Изменчивость гибридного потомства яблони по показателям роста в Ботаническом саду им. Вс. М. Крутовского // Лесотехнический журнал. – 2022. – Т. 12. – № 3 (47). – С. 42-50.

8. Козловская З.А., Ярмолич С.А., Марудо Г.М. Новые сорта яблони российской селекции в условиях Беларуси / З.А. Козловская // Плодоводство. – Минск: Издательский дом «Белорусская наука», 2019. – Т. 31. – С. 13-17.

9. Коровкин О.А., Черятова Ю.С. Ботаника: учебник. – М.: 2024. – 436 с.

10. Ландшафтно-экологическое обоснование рекреационного лесопользования в зеленой зоне Брянской области / А.В. Скок, А.А. Скок, А.О. Филонова [и др.] // Научно-агрономический журнал. – 2025. – № 1(128). – С. 35-41. – DOI 10.34736/FNC.2025.128.1.005/35-41.

11. Полякова Г.А. Рекреация и деградация лесных биоценозов // Лесоведение. – 1979. – №3. С. 70-80.

12. Седов Е.Н., Калинина И.П., Смыков В.К. Селекция яблони // Программа и методика селекции плодовых, ягодных и орехоплодных культур // под ред. Е.Н. Седова. – Орёл: Изд-во Всерос. НИИ селекции плодовых культур. – 1995. – С. 159-200.

13. Скок А.В., Скок А. А. Состояние зеленых насаждений промышленных предприятий г. Брянска // Экономическая политика и ресурсный потенциал региона: сб. науч. стат. VII Всерос. науч.-практ. конф. – Брянск: Брянский ГИТУ. – 2024. – С. 35-37. – EDN BYZJLQ.

14. Скок А.В., Мироненко А.И. Формирование зон экологического комфорта в условиях города. Актуальные вопросы техники, науки, технологии: сб. науч. тр. нац. конф. / под общ. ред. Т. Э. Сергутиной. – Брянск: 2021. – С. 96-99.

15. Интродукция деревьев и кустарников в ботаническом саду им. Б.В. Гроздова г. Брянска / А.В. Скок, А.А. Скок, В.Н. Сорокопудов [и др.] // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2023. – № 246. – С. 44-51.

16. Совершенствование ассортимента нетрадиционных садовых культур России / В.Н. Сорокопудов, Ренгартен Г.А., Подкопайло Р.В. [и др.] // Фундаментальные исследования. – 2013. – EDN RQRUZT.

17. Туманов И.И. Физиология закаливания и морозостойкости растений. – М.: Наука. – 1979. – 352 с.

18. Ульяновская Е.В. Формирование адаптивного сортимента яблони на основе устойчивых и иммунных к парше сортов: автореф. дис. … д-ра. с.-х. наук. – Краснодар: 2009. – 50 с.

19. Фазлиахметов Х.Н. Использование доноров устойчивости яблони к парше в селекции в республике Башкортостан // Актуальные вопросы садоводства и картофелеводства: сб. тр. междунар. дист. науч.-практ. конф. / сост.: Т. В. Лебедева, А. А. Васильев. – Челябинск: ФГБНУ «Южно-Уральский НИИ садоводства и картофелеводства», 2018. – С. 279-287.

20. Подбор перспективных сортов яблони летнего срока созревания для оптимизиции сортимента в условиях Крыма / Э.С. Халилов, А.В. Смыков, Э.Ф. Челебиев [и др.] // Магарач. Виноградарство и виноделие. – 2020. – Т. 22. – № 3 (113). – С. 230-232.

21. Черенкова Т.А., Савельева Н.Н. Биохимический состав плодов иммунных к парше сортов яблони пригодных для получения натуральных высоковитаминных продуктов питания // Austrian Journal of Technical and Natural Sciences. – 2014. – № 7-8. – С. 93-95.

22. Щербатко В.Д. Итоги изучения фаз сезонного развития яблони в предгорном Крыму // Сборник научных трудов Государственного Никитского ботанического сада. – 2015. – № 140. – С.139-149.

23. Dunemann F., Egerer J. A major resistance gene from Russian apple “Antonovka” conferring field immunity against apple scab is closely linked to the Vf locus // Tree Genetics & Genomes. 2010. V. 6. Issue 5. P. 627–633.

24. Gross B. L., Henk A. D., Richards C. M., Fazio G., Volk G. M. Genetic diversity in Malus × domestica (Rosaceae) through time in response to domestication // Amer. J. Bot. 2014. V. 101. N. 10. P. 1770–1779.

25. Hancock J. F., Luby J. J., Brown S. K., Lobos G. A. Apples // Temperate Fruit Crop Breeding: Germplasm to Genomics. 2008. Ch. 1. P. 1–32.

References

1. Arslanova L.E., Chelebiev E.F. Phenological features of the development of some varieties and promising forms of apple // Bulletin of the State Nikitsky Botanical Garden. - 2022. - Pp. 118-125.

2. Afanasyeva N.B., Berezina N.A. Plant ecology: a textbook in 2 parts. - 2nd supplemented ed. - 2024. - Part 1. - 46 p.

3. Barsukova O.N. North American apple species - sources of economically valuable traits for use in breeding // Works on applied botany, genetics and breeding. - 2021. - Pp. 86-90.

4. Evaluation of ornamental traits of the apple tree collection of the I.V. Michurin Federal Scientific Center / N.V. Borzykh, A.S. Zemisov, A.N. Yushkov [et al.] // Horticulture and Viticulture. - 2023. - Pp. 36-43. - EDN rjoudx.

5. Methodology for conducting phenological observations / D.R. Vladimirov, A.A. Gladilin, A.E. Gnedenko [et al.]. - Moscow: Alpina PRO. - 2023. - 208 p.

6. Gashchenko T.A., Vasekha V.V. Resistance to scab and powdery mildew of hybrid apple populations in a breeding nursery // Modern gardening. - 2013. - Vol. 37. - Pp. 45-52.

7. Grigorieva S.O., Matveeva R.N., Repyakh M.V. Variability of hybrid apple progeny by growth indicators in the Vs. M. Krutovsky Botanical Garden // Forestry Journal. - 2022. - Vol. 12. - No. 3 (47). - Pp. 42-50.

8. Kozlovskaya Z.A., Yarmolich S.A., Marudo G.M. New apple varieties of Russian selection in the conditions of Belarus / Z.A. Kozlovskaya // Fruit growing. - Minsk: Publishing House "Belarusian Science", 2019. - Vol. 31. - Pp. 13-17.

9. Korovkin O.A., Cheryatova Yu.S. Botany: textbook. - M .: 2024. - 436 p.

10. Landscape-ecological substantiation of recreational forest use in the green zone of the Bryansk region / A.V. Skok, A.A. Skok, A.O. Filonova [et al.] // Scientific and agronomic journal. - 2025. - No. 1 (128). - P. 35-41. - DOI 10.34736 / FNC.2025.128.1.005 / 35-41.

11. Polyakova G.A. Recreation and degradation of forest biocenoses // Forestry. - 1979. - No. 3. P. 70-80.

12. Sedov E.N., Kalinina I.P., Smykov V.K. Apple breeding // Program and methods for breeding fruit, berry and nut crops // ed. E.N. Sedova. - Orel: Publishing house of the All-Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding. - 1995. - Pp. 159-200.

13. Skok A.V., Skok A.A. The state of green spaces of industrial enterprises in Bryansk // Economic policy and resource potential of the region: a collection of scientific articles from the VII All-Russian scientific and practical conference. - Bryansk: Bryansk State Technical University. - 2024. - Pp. 35-37. - EDN BYZJLQ.

14. Skok A.V., Mironenko A.I. Formation of ecological comfort zones in urban conditions. Actual issues of engineering, science, technology: a collection of scientific papers from the national conference / edited by T.E. Sergutina. - Bryansk: 2021. - Pp. 96-99.

15. Introduction of trees and shrubs in the B.V. Grozdov Botanical Garden in Bryansk / AV Skok, AA Skok, VN Sorokopudov [et al.] // Bulletin of the St. Petersburg Forest Engineering Academy. - 2023. - No. 246. - Pp. 44-51.

16. Improving the range of non-traditional horticultural crops in Russia / VN Sorokopudov, GA Rengarten, RV Podkopailo [et al.] // Fundamental research. - 2013. - EDN RQRUZT.

17. Tumanov I.I. Physiology of hardening and frost resistance of plants. - Moscow: Nauka. - 1979. - 352 p.

18. Ulyanovskaya E.V. Formation of an adaptive apple assortment based on scab-resistant and scab-immune varieties: abstract of a dissertation for the degree of Doctor of Agricultural Sciences. – Krasnodar: 2009. – 50 p.

19. Fazliakhmetov Kh.N. Use of donors of apple resistance to scab in breeding in the Republic of Bashkortostan // Current issues of horticulture and potato growing: collected papers of the International distance scientific and practical conference / compiled by: T. V. Lebedeva, A. A. Vasiliev. – Chelyabinsk: FGBNU "South Ural Research Institute of Horticulture and Potato Growing", 2018. – pp. 279-287.

20. Selection of promising summer-ripening apple varieties for assortment optimization in the Crimean conditions / E.S. Khalilov, A.V. Smykov, E.F. Chelebiev [et al.] // Magarach. Viticulture and Winemaking. - 2020. - Vol. 22. - No. 3 (113). - Pp. 230-232.

21. Cherenkova T.A., Savelyeva N.N. Biochemical Composition of Fruits of Scab-Immune Apple Varieties Suitable for Obtaining Natural High-Vitamin Food Products // Austrian Journal of Technical and Natural Sciences. - 2014. - No. 7-8. - Pp. 93-95.

22. Shcherbatko V.D. Results of the Study of the Phases of Seasonal Development of Apple Trees in the Foothills of Crimea // Collection of Scientific Papers of the State Nikitsky Botanical Garden. - 2015. - No. 140. - Pp. 139-149.

23. Dunemann F., Egerer J. A major resistance gene from Russian apple "Antonovka" conferring field immunity against apple scab is closely linked to the Vf locus // Tree Genetics & Genomes. 2010. V. 6. Issue 5. P. 627–633.

24. Gross B. L., Henk A. D., Richards C. M., Fazio G., Volk G. M. Genetic diversity in Malus × domestica (Rosaceae) through time in response to domestication // Amer. J. Bot. 2014. V. 101. N. 10. P. 1770–1779.

25. Hancock J. F., Luby J. J., Brown S. K., Lobos G. A. Apples // Temperate Fruit Crop Breeding: Germplasm to Genomics. 2008. Ch. 1. P. 1–32.

10.52671/26867591_2026_1_132
УДК 631.231

НОВЫЕ СОРТА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

ХАЛИЛОВА К.М., аспирант
МАЛИКОВА Н.М., аспирант
ХАЛИЛОВА М.М., аспирант
ХАЛИЛОВ М.Б., д-р с.-х. наук, профессор
ФГБОУ ВО Дагестанский ГАУ, г.Махачкала, Россия

NEW WINTER WHEAT VARIETIES.

KHALILOVA K.M., postgraduate student
MALIKOVA N.M., postgraduate student
KHALILOVA M.M., postgraduate student
KHALILOV M.B., Doctor of Agricultural Sciences, Professor
Dagestan State Agrarian University, Makhachkala, Russia

Аннотация. *Актуальность.* Повышение урожайности озимой пшеницы, надежное обеспечение продовольственной безопасности страны зависит от выведения новых высокоурожайных, устойчивых к различным погодным условиям, адаптивованных к возделыванию в различных агроландшафтных условиях сортов. Основное внимание в статье уделено сортам ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко». Основными требованиями к новым сортам являются – урожайность этих сортов, качество зерна, кондитерские и хлебопекарные качества. Необходимо повысить устойчивость к основным неблагоприятным факторам окружающей среды. Новые сорта оцениваются по таким показателям как морозостойкость, для Юга России важна засухоустойчивость. Подверженность различным болезням и устойчивость против них, устойчивость к вредителям – очень важные характеристики, которые должны быть свойственны новым сортам. *Задача иследований* состояла в анализе характеристик, данных оригинаторами и выявлении наиболее перспективных сортов озимой пшеницы для возделывания в условиях Дагестана. *Методика исследований* основывалась на анализе априорной информации. Исследования проводили путем изучения научных отчетов, литературных источников и анализа опыта возделывания перспективных сортов озимой пшеницы в условиях Республики Дагестан.

Результаты и обсуждение. В настоящее время потенциальная урожайность некоторых новейщих сортов озимой пшеницы, выведенных в ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко» доходит до 13т/га. Средняя урожайность по региону остается относительно низкой по сравнению с потенциальной и максимальной. Для дальнейшего повышения средней урожайности по региону необходимо совершенствование применяемых и внедрение новых элементов агротехнологии.

Ключевые слова: урожайность, потенциальная урожайность, сорт, озимая пшеница, сроки созревания, мукомольные и хлебопекарные качества.

Abstract*. Relevance. Increasing winter wheat yields and reliably ensuring the country's food security depend on the development of new high-yielding varieties that are resilient to various weather conditions and adapted to cultivation in various agricultural landscapes. This article focuses on the varieties of the P.P. Lukyanenko Scientific Center for Plant Protection. The main requirements for new varieties are yield, grain quality, and confectionery and baking qualities. It is also necessary to improve their resistance to the main adverse environmental factors. New varieties are evaluated based on such parameters as frost resistance, and drought tolerance is important for southern Russia. Susceptibility to and resistance to various diseases, as well as pest resistance, are crucial characteristics that new varieties must possess. The objective of the research was to analyze the characteristics provided by the originators and identify the most promising winter wheat varieties for cultivation in Dagestan. The research methodology was based on a priori information. The research was conducted by reviewing scientific reports, literary sources, and analyzing the experience of cultivating promising winter wheat varieties in the Republic of Dagestan.*

Results and discussion. Currently, the potential yield of some new winter wheat varieties bred at the P.P. Lukyanenko Scientific Center for Plant Genetics reaches 13 tons/ha. The average yield in the region remains relatively low compared to the potential and maximum. To further increase the average yield in the region, it is necessary to improve existing agricultural technologies and introduce new ones.

Keywords: *productivity, potential productivity, variety, winter wheat, ripening time, flour-milling and baking qualities.*

Введение. *Актуальность.* Повышение урожайности зерновых и особенно озимой пшеницы, а так же надежное обеспечение продовольствием и продовольственной безопасности нашей страны зависит во многом от выведения отечественных новых высокоурожайных, а также устойчивых к непредсказуемым различным возможным погодным условиям. Новые сорта должны быть адаптированы к условиям различных агроландшафтов. Основное внимание в статье уделено сортам ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко». Учитывая, что озимая пшеница является одной из важнейщих хлебных зерновых культур, идущей на экспорт, а также важной основой хлебопекарной и кондитерской промышленности. Зерно озимой пшеницы является одной из основ кормовой базы для аграрных отраслей, таких как молочное и мясное животноводство и птицеводство. Основными требованиями к новым сортам являются – урожайность этих сортов, качество зерна, кондитерские и хлебопекарные качества. Необходимо повысить устойчивость к основным неблагоприятным факторам окружающей среды. Новые сорта оцениваются по таким показателям как морозостойкость, для Юга России важна засухоустойчивость. Подверженность различным болезням и устойчивость против них, устойчивость к вредителям – очень важные характеристики, которые должны быть свойственны новым сортам

Новые сорта оцениваются по таким показателям как морозостойкость, для Юга России важна засухоустойчивость. Подверженность различным болезням и устойчивость против них, устойчивость к вредителям – очень важные характеристики, которые должны быть свойственны новым сортам

Задача иследований состояла в анализе характеристик, данных оригинаторами и выявлении наиболее перспективных сортов озимой пшеницы для возделывания в условиях Дагестана. *Методика исследований* основывалась на анализе априорной информации. Исследования проводили путем изучения научных отчетов, литературных источников и анализа опыта возделывания перспективных сортов озимой пшеницы в условиях Республики Дагестан.

Обсуждение. Академик Вавилов Н.И. отмечал: «Сорт должен превалировать над средой». Главным и ведущим научным учреждением, занимающимся всеми вопросами, касающимися выведения новых сортов, изучения всех аспектов производства зерна в том числе и озимой пшеницы является ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко». Сорта селекции ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко» возделываются во многих регионах Росии и за рубежом. Экспортный потенциал на 40% обеспечивается сортами Краснодарской селекции.[1].

В ходе исследований мы опирались в основном на информацию ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко».

Основными критериями отбора сортов озимой пшеницы были приняты потенциальные урожайности сортов. Рассматривались сорта с урожайностью близкой и большей 10т/га.

По данным оригинатора потенциальная урожайность сортов (табл. 1) ГЕРДА (2019г, 12,0т/га), ГОМЕР (2020г., 12,69т/га), ТАНЯ (2002г. 12,21т/га), ШКОЛА (2020г.,12,0т/га), ТИМИРЯЗЕВКА 150 (2019г., 12,0т/га) достигает 12т/га и более, а сорт АЛЕКСЕИЧ (2017г. ,13,0т/га) имеет потенциальную урожайность 13,0т/га. К сортам имеющим потенциальную урожайность 11,0т/га и более относятся сорта: АГРОФАК 100 (2018, 11,0т/га); АХМАТ (2020г., 11,0т/га); ВАНЯ (2018г., 11,0т/га); ГРАФ (2018г., 11,35т/га); ГРОМ (2010г., 11,25т/га); ВАССА (2011г. 11,51т/га); ВИД (2017г., 11,0т/га); ЛЕО (2019г., 11,19т/га); СОБЕРБАШ (2019г., 11,0т/га); СТЕПЬ (2018г. 11,0т/га); ФЕДОР (2018г., 11,77т/га). К сортам, имеющим потенциальную урожайность 10,0Т/га, относятся Сорта Велена (2017г., 10,8т/га); ЕЛАНЧИК (2020г., 10,0т/га).

Все сорта имеют высокую засухоустойчивость, что очень важно для условий Дагестана.

Оценивая их мукомольные качества можно сказать, что все эти сорта имеют высокие, удовлетворяющие пишевую промышленность качества.

Таблица 1 – Основные характеристики высокоурожайных сортов озимой пшеницы ФГБНУ «Национальный центр зерна имени П.П. Лукьяненко»

Сорт	Год сортоис пытания	Сроки созревания	Потенциальная урожайность, т/га	Мукомольные и хлебопекарные качества	Засухоустой-чивость
АГРОФАК 100	2018	Среднепоздний.	110 ц	соответствует сильной пшенице	высокая
АЛЕКСЕИЧ	2017	Среднеспелый	130 ц	Включен в реестр «сильных» сортов	устойчив
АХМАТ	2020	Среднеспелый	свыше 110 ц	соответствует сильной пшенице	высокая.
ВАНЯ	2018	Среднеспелый	свыше 110 ц	Ценный сорт	высокая
Велена	2017	Среднеспелый	108	Включен в список «ценных» сортов	высокая
ГЕРДА	2019	Среднеспелый	120	Включен в Госреестр РФ ценных по качеству сортов	высокая
ГОМЕР	2020	Среднепоздний	126,9	Включен в реестр «сильных» сортов РФ	высокая
ГРАФ	2018	Среднепоздний	113,5	Ценный сорт	высокая
ГРОМ	2010	среднеспелый	112,5	Ценный сорт	Выше среднего
Гурт	2016	среднепоздний	87,3	сильный	высокая
ЕЛАНЧИК	2020	ультрасколроспелый	100	сильный	высокая
Сорт ТАНЯ	2002	среднеранний	122,1	включен в реестр сортов «филлеров	высокая
ТИМИРЯЗЕВКА 150	2019	среднепоздний	120	сильный	высокая
ШКОЛА	2020	среднеранний	120	сильный	высокая
ВАССА	2011	среднеранний	115,1	включен Госреестр «ценных» сортов.	высокая
ВИД	2017	среднеранний	110	Внесен в список «ценных»	высокая
ЛЕО	2019	среднепоздний	111,6	Включен в Госреестр «сильных» сортов	высокая
СИЛА	2010	среднеспелый	82,6	Включен в Госреестр «сильных» сортов	высокая
СОБЕРБАШ	2019	среднеспелый	110	Высокие хлебопекарные качества	высокая
СТЕПЬ	2018	среднеранний	110		высокая
ФЕДОР	2018	среднепоздний	117,7	сильным пшеницам.	высокая

Болезни и вредители растений наносят существенный ущерб аграрному производству. Перспективные сорта озимой пшеницы, рассматриваемые в данной работе, имеют, практически все, устойчивость к бурой ржавчине, желтой ржавчине и мучнистой росе. К септориозу восприимчивы: Гомер, Герда, Гром. Сорта АГРОФАК 100, Алексеич, Ахмат, Ваня, Граф, Таня, Еланчик, Тимирязевка 150, Школа, Васса, Вид, Лео, Собербаш, Степь, Федор характеризуются как средневосприимчивые к септориозу. Устойчивость к фузариозу у сортов разная. К среднеустойчивым сортам относятся АГРОФАК 100, Алексеич, Ахмат, Герда, Таня, Еланчик, Тимирязевка 150, Школа, Собербаш, Степь, Федор. Восприимчивыми к фузариозу являются сорта Ваня, Гомер, Гром, Граф, Васса, Вид. Лишь, сорт Лео характеризуется как устойчивый к фузариозу. Данные по устойчивости к болезням и вредителям, по характеристикам оригинатора приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Устойчивость к основным болезням и вредителям высокоурожайных сортов озимой пшеницы селекции ФГБНУ «Национальный центр зерна имени П.П. Лукьяненко»

Сорт	Бурая ржавчина	Желтая ржавчина	Мучнистая роса	Септориоз	Фузариоз
АГРОФАК 100	устойчив	устойчив	устойчив	средневосприимчив	средневосприимчив
АЛЕКСЕИЧ	устойчив	устойчив	устойчив	средневосприимчив	средневосприимчив
АХМАТ	устойчив	устойчив	устойчив	средневосприимчив	средневосприимчив
ВАНЯ	устойчив	среднеустойчив	устойчив	среднеустойчив	восприимчив
ГЕРДА	устойчив	среднеустойчив	устойчив	восприимчив	среднеустойчив
ГОМЕР	устойчив	устойчив	устойчив	восприимчив	восприимчив
ГРАФ	устойчив	среднеустойчив;	устойчив	среднеустойчив	восприимчив
ГРОМ	восприимчив;	восприимчив;	устойчив	восприимчив;	восприимчив;
ТАНЯ	устойчив	устойчив	устойчив	средневосприимчив	средневосприимчив
ЕЛАНЧИК	устойчив	устойчив	устойчив	средневосприимчив	средневосприимчив
ТИМИРЯЗЕВКА 150	устойчив	устойчив	устойчив	средневосприимчив	средневосприимчив
ШКОЛА	устойчив	среднеустойчив;	устойчив	среднеустойчив	средневосприимчив
ВАССА	среднеустойчив	среднеустойчив	устойчив	средневосприимчив	восприимчив
ВИД	устойчив	устойчив	устойчив	средневосприимчив	восприимчив;
ЛЕО	устойчив	устойчив	устойчив	среднеустойчив	устойчив
СОБЕРБАШ	устойчив	среднеустойчив;	устойчив	средневосприимчив	средневосприимчив
СТЕПЬ	устойчив	средневосприимчив;	устойчив	среднеустойчив	восприимчив
ФЕДОР	устойчив	устойчив	устойчив	средневосприимчив	средневосприимчив;

Как отмечалось выше новые сорта озимой пшеницы имеют высокую потенциальную урожайность. Однако практически все сорта на практике в производственных условиях разных регионов не достигают урожайности потенциальной. Это объясняется недостаточной технологической дисциплиной, почвенными и климатическими условиями в тех или иных условиях зерноводческих хозяйств. Урожай озимой пшеницы зависит от многих факторов, таких как предшественник, качество внесения удобрений и агрохимикатов, качества предпосевной подготовки почвы, наличия в почве элементов питания растений, качества посевного материала, сроков и качества посева, наличия влаги в почве от периода посева до уборки урожая, защите растений от болезней и вредителей, погодных условий, ГТК, немалую роль в конечном итоге играет и своевременная и рационально организованная уборка зерна и множество других факторов. Отклонение каждого из этих факторов от оптимальных пределов приводит к снижению урожайности. Это подтвержается показателями средней урожайности по регионам (табл. 3).

Сорт Агрофак 100 при потенциальной урожайности 11,0т/га показал среднюю урожайность по Северо-Кавказскому региону в пределах 4,49т/га, в то же время отмечается, что его максимальная урожайность в Ставропольском крае была достигнута и равнялась 109,7т/га, что практически 100% реализация потенциальной урожайности, в то время как в среднем по региону – около 50%.

Сорт Алексеич при потенциальной урожайности 13,0 т/га показал среднюю урожайность по Северо-Кавказскому региону в пределах 7,49т/га,

что составляет около 59% от потенциальной урожайности, а максимальная урожайность в Ставропольском крае была достигнута и равнялась 109,7т/га, это 84% от потенциальной.

Как показывает анализ практически все новые сорта сорта в условиях производства показывают реализацию потенциальной урожайности более 50%, а максимальный урожай, полученный в хозяйствах достигает 80% и более.

Таблица 3 - Показатели урожайности и качества высокоурожайных сортов озимой пшеницы селекции ФГБНУ «Национальный центр зерна имени П.П. Лукьяненко»

Сорт	Потенциальная урожайность, т/га	Средняя урожай ность по региону	Максимальная урожайность	Масса 1000 зерен, г
АГРОФАК 100	11,0	5,49	109,7	37-45
АЛЕКСЕИЧ	13,0	7,49	10,45	37-46
АХМАТ.	Больше 12,0	7,78	12,16	35-46
ВАНЯ.	11,0	5,69	89,1 (Став.Кр.)	41-49
ГЕРДА	12,0	5,84	113,8 (Став.Кр.)	40-47
ГОМЕР	12,69	5,6-7,2	119 (Став.Кр.)	37-46
СОБЕРБАШ	110	57,4 (СКФ)	118,6	42-51
СТЕПЬ	110	68,9 (Рост. Об)	100,2 (Став.Кр.)	38-47
ФЕДОР	117,7	54,1 (Сев.КР) 77,8 (Курс. Обл.)	104,7 ц/га (Курс. Обл)	38-46
ВАССА	115,1	55,4;(РД)	92	41-52 До 60г.
ЛЕО	111,6	До 79,8	(84,0 ц/га	36-42
ЕЛАНЧИК	100	До 72,8;	107,2	38-47
ТАНЯ	122,1	До 59	94,8	35-49
ТИМИРЯЗЕВКА 150	120	60 (Сев.Кав.) До 80	117,8	38-47
ШКОЛА	120	57,9	106	37-48
ГЕРДА	120	58,4	113,8	40-47
ГОМЕР	126,9	56-72	119	37-46
ГРАФ	113,5	59	94	39-48
ГРОМ	112,5	53,7	81,8	33-48

Анализ характеристик зерна сортов с потенциальной урожайностью более 11,0 т/га показывает, что масса 1000 зерен сорта Агрофак 100 в среднем более 37г., а в большинстве случаев достигает 45г и более. Сорта АЛЕКСЕИЧ , АХМАТ, ГОМЕР, СТЕПЬ, ФЕДОР, ЛЕО, ЕЛАНЧИК,ШКОЛА, ГОМЕР имеют близкие к сорту АГРОФАК 100 показатели по массе 1000 зерен. Наибольший показатель по массе 1000 шт. зерен имеет сорт ВАССА – среднее значение 41-52г., а наибольшая до 60г. и более. Это на 4-7 г. больше среднего значения сорта АГРОФАК 100 и на 15г. больше чем максимальное значение массы 1000шт. зерен АГРОФАК 100. (табл. 3)

Сравнительная оценка по потенциальной, максимальной и средней по региону урожайностям приведены на рисунке 1. Реализация потенциально возможной урожайности в условиях, в которых получен максимальный урожай достаточно высокая. Для рассматриваемых сортов полученная средняя урожайность значительно меньше полученной максимальной урожайности. Поскольку полученная максимальная урожайность достаточно близка к потенциальной, а средняя урожайность по региону доходит лишь до 50%, то возникает необходимость изучения причины такого результата.

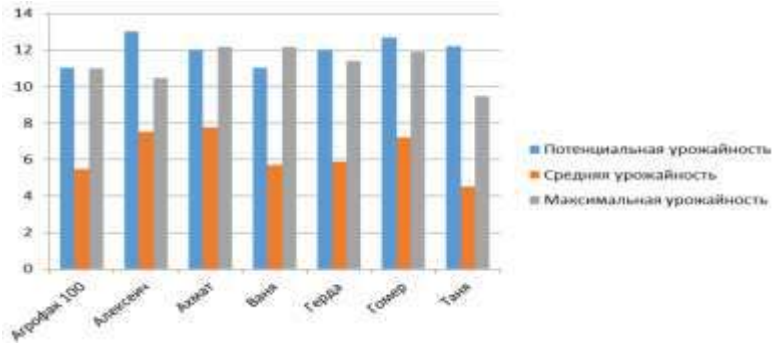


Рисунок 1 - Потенциальная, средняя и максимальная урожайности высокоурожайных сортов озимой пшеницы, рекомендованных для Северо-Кавказского региона

Исходя из проведенного анализа, можно сделать следующие выводы:

1. В современных сортах озимой пшеницы ФГБНУ «Национальный центр зерна имени П.П. Лукьяненко» заложены высокие показатели потенциальной урожайности от 11,0 до 13т/га.

2. Высокая потенциальная урожайность может быть реализована в производственных условиях, о чем говорит показатель максимальной урожайности, полученной на производстве.

3. Средняя урожайность по региону остается относительно низкой по сравнению с потенциальной и максимальной.

4. Для дальнейшего повышения средней урожайности по региону необходимо совершенствование применяемых и внедрение новых элементов агротехнологии.

Список литературы

1. Сорта пшеницы и тритикале: каталог / Л.А. Беспалова, А.А. Романенко, И.Н., Кудряшов [и др.] / редкол.: А.А. Романенко [и др.]. – Краснодар: ЭДВИ, 2020. – С. 176

2. Галушко Н.А., Соколенко Н.И. Адаптивность сортов озимой пшеницы, возделываемых в условиях Северо-Кавказского региона // Достижения науки и техники АПК. – 2022. – Т. 36. – 5. – с. 50-54.

3. Герасименко М.Е., Глушко М.И., Ларина В.С. Основные сорта озимой пшеницы для выращивания в Краснодарском крае // Вопросы науки и образования: теоретические и практические аспекты: материалы междунар. (заоч.) науч.-практ. конф. – Нефтекамск: Мир науки, 2022. – с. 32-35.

4. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию [Электронный ресурс]. URL: https:// reestr.gossort.com

5. Денисов К.Е., Макарова Е.С. Сравнительная оценка сортов озимой пшеницы по параметрам продуктивности в условиях правобережья и левобережья Саратовской области // Аграрные конференции. – 2023. – № 41(5). – С. 8-15.

6. Оценка урожайности и качества зерна сортов озимой мягкой пшеницы в условиях Ростовской области / Е.И. Некрасов, Д.М. Марченко, М.М. Иванисов [и др.] // Таврический вестник аграрной науки. – 2019. – № 4(20). – С. 79-85.

7. Мадякин Е. В., Горянин О. И. Оценка качества сортов озимой мягкой пшеницы в Заволжье // Аграрный научный журнал. –2022. – № 11. – С. 49-53.

8. Макаров М.Р. Исследование мировой коллекции озимой пшеницы, как исходного материала для создания новых сортов // Современные научные исследования и инновации. – 2018. – № 11 [Электронный ресурс]. URL: https://web.snauka.ru/issues/2018/11/87797 .

9. Макаров М.Р. Программа борьбы с болезнями озимой пшеницы // Современные научные исследования и инновации. – 2019. – № 5 [Электронный ресурс]. URL: https://web.snauka.ru/issues/2019/05/89368

10. Макаров А.А., Мамсиров Н.И. Влияние предшественников на продуктивность сортов озимой пшеницы // Новые технологии. – 2021. – Т. 17. – 2. – С. 84-92.

11. Малкандуев Х. А., Шамурзаев Р. И., Малкандуева А. Х. Формирование урожая и качества зерна сортов озимой пшеницы в зависимости от предшественников и условий возделывания // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. – 2022. – № 3 (107). – С. 40-50. DOI: 10.35330/1991-6639-2022-3-107-40-50

12. Некрасов Е.И., Марченко Д.М., Иванисов М.М. Оценка адаптивных свойств сортов озимой мягкой пшеницы селекции ФГБНУ АНЦ «Донской» // Зерновое хозяйство России. – 2022. – Т. 14. – 2. – с. 54-58.

13. Нещадим Н.Н., Горпинченко К.Н., Скоробогатая А.С., Филипенко Н.Н. Урожайность и эффективность производства зерна озимой пшеницы по предшественнику подсолнечник в условиях Западного Предкавказья // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. – 2018 – Вып. 4 (176). – С. 122–126.

14. Потоцкая И.В., Шепелев С.С., Чурсин А.С., Ковальчук А.М., Шаманин В.П. Селекционная оценка сортообразцов озимой пшеницы в условиях южной лесостепи Западной Сибири // Зерновое хозяйство России. – 2023. – № 4. – С. 21-27.

15. Научные основы эффективных технологий возделывания новых высокоурожайных сортов озимой пшеницы в условиях орошения Терско-Сулакской подпровинции Дагестана/ Н.Р. Магомедов, Н.Н. Магомедов, Ж.Н. Абдуллаев [и др.]. – Махачкала: 2016. – 43 с.

16. Pelech L. Formation of productivity of winter wheat crops depending on agrotechnical methods of tillage // The Scientific Heritage. 2021. №62-1. С 5-8.

17. Yodgorov N.G. Influence of irrigation and feeding rates on sprouting and wintering of winter wheat // Вестник науки и образования. 2021. №8(111). Часть 1. С. 30-34. DOI: 10.24411/2312-8089-2021-10801

18.Nekrasova O.A., Kostylev P.I., Nekrasov E.I. The model of the variety in winter wheat breeding (a review). Grain Economy of Russia. 2017;(5):29-32.

References

1. Wheat and triticale varieties: catalog / L.A. Bespalova, A.A. Romanenko, I.N., Kudryashov [et al.] / editorial board: A.A. Romanenko [et al.]. - Krasnodar: EDVI, 2020. - P. 176

2. Galushko N.A., Sokolenko N.I. Adaptability of winter wheat varieties cultivated in the North Caucasus region // Achievements of science and technology in the agro-industrial complex. - 2022. - Vol. 36. - 5. - P. 50-54.

3. Gerasimenko M.E., Glushko M.I., Larina V.S. Main varieties of winter wheat for cultivation in Krasnodar Krai // Issues of science and education: theoretical and practical aspects: Proceedings of the international (correspondence) scientific and practical conference. – Neftekamsk: Mir nauki, 2022. – pp. 32-35.

4. State Register of Breeding Achievements Approved for Use [Electronic Resource]. URL: https:// reestr.gossort.com

5. Denisov K.E., Makarova E.S. Comparative Evaluation of Winter Wheat Varieties by Productivity Parameters in the Right-Bank and Left-Bank Conditions of the Saratov Region // Agrarian Conferences. – 2023. – No. 41(5). – pp. 8-15.

6. Evaluation of Yield and Grain Quality of Winter Soft Wheat Varieties in the Rostov Region / E.I. Nekrasov, D.M. Marchenko, M.M. Ivanisov [et al.] // Tavrichesky Vestnik of Agrarian Science. – 2019. – No. 4(20). – pp. 79-85.

7. Madyakin E. V., Goryanin O. I. Assessment of the quality of winter soft wheat varieties in the Trans-Volga region // Agrarian scientific journal. -2022. - No. 11. - P. 49-53.

8. Makarov M. R. Study of the world collection of winter wheat as a source material for creating new varieties // Modern scientific research and innovation. - 2018. - No. 11 [Electronic resource]. URL: https://web.snauka.ru/issues/2018/11/87797 .

9. Makarov M. R. Winter wheat disease control program // Modern scientific research and innovation. - 2019. - No. 5 [Electronic resource]. URL: https://web.snauka.ru/issues/2019/05/89368

10. Makarov A.A., Mamsirov N.I. Influence of Predecessors on the Productivity of Winter Wheat Varieties // New Technologies. - 2021. - Vol. 17. - 2. - P. 84-92.

11. Malkanduev Kh. A., Shamurzaev R.I., Malkandueva A.Kh. Formation of Yield and Grain Quality of Winter Wheat Varieties Depending on Predecessors and Cultivation Conditions // Bulletin of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. - 2022. - No. 3 (107). - P. 40-50. DOI: 10.35330/1991-6639-2022-3-107-40-50

12. Nekrasov E.I., Marchenko D.M., Ivanisov M.M. Evaluation of adaptive properties of winter soft wheat varieties bred at the Donskoy Scientific Research Center // Grain Economy of Russia. - 2022. - Vol. 14. - 2. - p. 54-58.

13. Neshchadim N.N., Gorpinchenko K.N., Skorobogataya A.S., Filipenko N.N. Yield and grain production efficiency of winter wheat using sunflower as a predecessor in the conditions of the Western Ciscaucasia // Oilseed crops. Scientific and technical bulletin of the All-Russian Research Institute of Oilseed Crops. - 2018 - Issue 4 (176). – P. 122–126.

14. Potockaya I.V., Shepelev S.S., Chursin A.S., Kovalchuk A.M., Shamanin V.P. Breeding evaluation of winter wheat varieties in the conditions of the southern forest-steppe of Western Siberia // Grain Economy of Russia. – 2023. – No. 4. – P. 21–27.

15. Scientific basis for efficient technologies for cultivating new high-yielding winter wheat varieties under irrigated conditions of the Terek-Sulak subprovince of Dagestan / N.R. Magomedov, N.N. Magomedov, Zh.N. Abdullaev [et al.]. – Makhachkala: 2016. – 43 p.

16. Pelech L. Formation of productivity of winter wheat crops depending on agrotechnical methods of tillage // The Scientific Heritage. 2021. No. 62-1. From 5-8.

17. Yodgorov N.G. Influence of irrigation and feeding rates on sprouting and wintering of winter wheat // Bulletin of Science and Education. 2021. No. 8(111). Part 1. pp. 30-34. DOI: 10.24411/2312-8089-2021-10801

18.Nekrasova O.A., Kostylev P.I., Nekrasov E.I. The model of the variety in winter wheat breeding (a review). Grain Economy of Russia. 2017;(5):29-32.

10.52671/26867591_2026_1_138
УДК 635.71:631.11

ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ПРОИЗВОДСТВА ЗЕМЛЯНИКИ В ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ СЕВЕРО-КАВКАЗСКОГО РЕГИОНА

ЭРЖИБОВ А.Х. канд. с.-х. наук, доцент
ХАНИЕВА И.М., д-р с.-х. наук, профессор
БЕРБЕКОВ К.З., канд. с.-х. наук, доцент
ШОНТУКОВ Э.З., канд. с.-х. наук, доцент
ЕЗДЕМИР И.Е., студент
ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ, г. Нальчик, Россия

APPLICATION OF MODERN TECHNOLOGICAL MODELS OF STRAWBERRY PRODUCTION IN THE ECOLOGICAL CONDITIONS OF THE NORTH CAUCASUS REGION

ERZHIBOV A.Kh., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor
KHANIEVA I.M., Doctor of Agricultural Sciences, Professor
BERBEKOV K.Z., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor
SHONTUKOV E.Z., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor
YEZDEMIR I.E., student
Kabardino-Balkarian State Agricultural University, Nalchik, Russia

Аннотация. В статье рассматриваются показатели динамики производства, потребления и импорта ягодной продукции, проведены данные анализа состояния и развития ягодной промышленности Российской

Федерации на основании изучения статистических данных Росстата и Бюллетеней МСХ РФ о состоянии сельского хозяйства за период 2023 - 2024 гг. Данная статья посвящена определению основных проблем и путей направления развития ягодоводства Российской Федерации за счет использования современных моделей технологии производства садовой земляники, а так же проведения оценки пригодности различных сортов земляники садовой под изучаемые системы возделывания, в ней приводится экономическое обоснование использования данных моделей технологии. Результаты проведенных исследований свидетельствуют, о том, что применение рекомендуемых моделей технологии производства земляники садовой, за счет расширения сроков выращивания на фоне применения элементов малообьёмных технологий в высоких и низких туннелях, а так же использовании технологии применения комбинации различных ремонтантных сортов земляники разных сроков созревания короткого дня, способствуют снижению импортозамещения в данной отрасли, за счет появления реальной возможности у сельхозтоваропроизводителей по планированию и увеличению сроков производства высококачественной продукции для потребительского рынка.

Ключевые слова: земляника садовая; технология; сорт; период производства, методика, малообъемные конструкции, фриго.

Abstract. *The article examines the dynamics of production, consumption, and import of berry products, and provides an analysis of the state and development of the berry industry in the Russian Federation based on statistical data from Rosstat and the Ministry of Agriculture of the Russian Federation on the state of agriculture for the period 2023-2024. This article aims to identify the main challenges and directions for the development of berry production in the Russian Federation through the use of modern models for the production of garden strawberries, as well as to assess the suitability of various varieties of garden strawberries for the studied cultivation systems. The article also provides an economic justification for the use of these technology models. The results of the conducted research indicate that the use of the recommended models of strawberry production technology, due to the extension of the growing period, is based on the use of low-volume technologies in high and low tunnels, as well as the use of*

Keywords: *garden strawberries; technology; variety; production period; methodology; small-volume structures; frigo.*

Введение. Актуальность. Современный рынок производства ягодной продукции имеет тенденцию к динамичному развитию, данное развитие происходит благодаря балансу производства импорта и экспорта [5, 11, 12, 13].

Анализ состояния и развития ягодной промышленности Российской Федерации показывает, что основная доля по производству ягодной продукции, а так же основные площади, занятые под нее сосредоточены в хозяйствах населения, а доля сельскохозяйственных организаций в основном сосредоточена в коллективно-фермерских хозяйствах [6]. (таб. 1.)

Таблица 1 - Площади, валовой сбор и урожайность плодово-ягодных насаждений по категориям хозяйств

Показатели	СХ организации	малые предприятия	Хозяйства населения	КФХ и индивидуальные предприниматели	Хозяйства всех категорий	2023 год Хозяйства всех категорий	2024 в % к 2023			
							Хозяйства всех категорий	Сельскохозяйственные организации	Хозяйства населения	КФХ и индивидуальные предприниматели
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ягодники										
Общая площадь, тыс. гектаров	9,2	7,1	78,3	6,8	94,3	93,2	101,2	97,0	101,2	106,2
в том числе:										
площадь в плодоносящем возрасте	5,9	4,5	74,8	4,4	85,2	84,3	101,1	98,0	101,0	108,9
Валовой сбор, тыс. центнеров	84,4	55,2	6030,2	142,8	6257,4	6846,8	91,4	83,5	91,2	104,9
в том числе:										
с площадей в плодоносящем возрасте	84,0	54,8	5959,5	142,4	6185,8	6796,9	91,0	84,7	90,8	104,6
Урожайность, ц с 1 га убранной площади	13,9	13,4	79,6	37,1	74,2	82,2	90,3	87,1	89,3	105,3

По данным Росстата валовой сбор ягодной продукции в Российской Федерации за 2024 год составил более 720 тысяч тонн, из которых на Северо-Кавказский приходится 22.4% [1, 2, 9].

В то же время одновременно с ростом валового сбора и повышением урожайности, говорить о каком-то глобальном прорыве в обеспечении потребительского рынка высококачественными ягодами садовой земляники не приходится. Темпы роста внутреннего потребления свежих ягод все еще опережают темпы производства.

Основной проблемой отечественных производителей ягодной продукции является короткий сезон производства, который составляет порядка 1,5-2 месяцев. В связи с этим отечественные производители не могут в полной мере насытить емкости внутреннего рынка.

Все выше названные факторы и привели к ежегодному приросту импортной продукции поставляемой из более 26 стран [10].

По данным ФГИС «Аргус-Фито», по состоянию на 1 ноября 2024 года по сравнению с аналогичным периодом прошлого года наблюдается рост объемов импорта фруктовой продукции и ягод. На 29,3% увеличился ввоз ягод и прочих фруктов с 336,6 тыс. тонн до 435,3 тыс. тонн [3] (рис. 1)

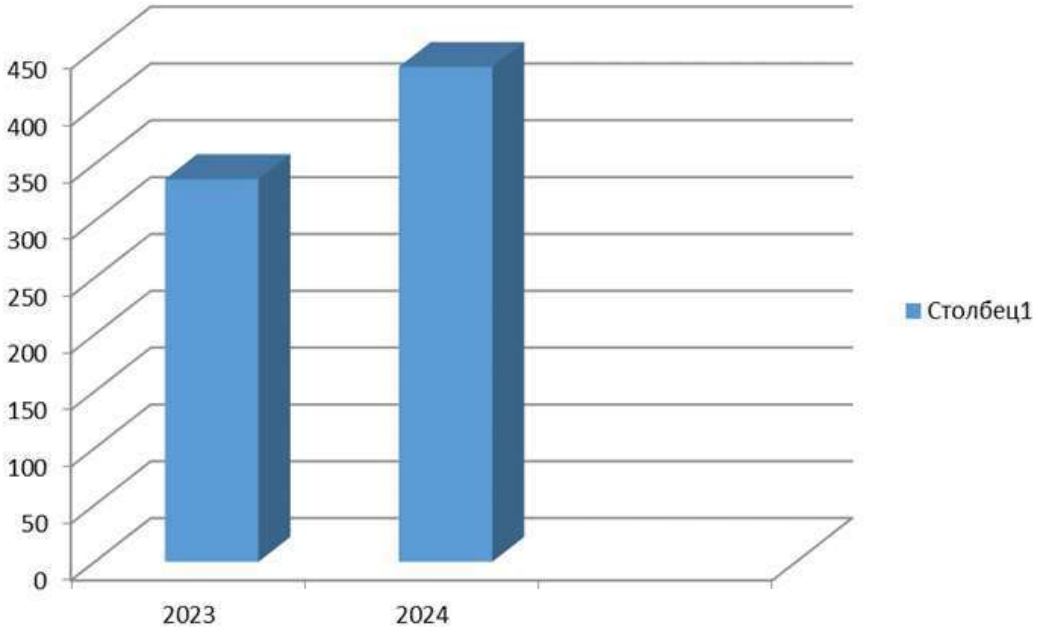


Рисунок 1 - Динамика роста импортной ягодной продукции

Основные поставщики российского рынка – это Турция, Египет, Греция, Сербия, Польша, которые на фоне стабильного роста спроса на ягодные культуры, смогли в значительной степени развить у себя ягодное производство с использованием современных технологий.

С учетом того, что основной импорт ягод земляники садовой (около 85,%) это период с апреля по июнь месяцы [14, 15, **Ошибка! Источник ссылки не найден.**], наши исследования были ориентированы на поиск возможностей для длительного времени производства продукции земляники.

Основным направлением поисков было изыскание таких моделей производства, которые будут наиболее эффективны в экологических условиях Северо-Кавказского региона.

Объекты и методы исследований

Анализ состояния ягодной отрасли нами проводился при помощи изучения статистических данных Росстата за период с 2023 по 2024 годы. А так же Бюллетени МСХ РФ о состоянии сельского хозяйства за период - 2023 - 2024 гг. [4].

Оценка пригодности сортов под изучаемые системы возделывания производилась при помощи «Программы и методики сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур» [7] и Программно-методических указаний по агротехническим опытам с плодовыми и ягодными культурами [8].

Опыты закладывались в КФХ «Клубничная поляна», под открытый грунт площадь посевов составляла 16 га и под туннели пленочные сезонные – 14 га.

Результаты исследований

Потребление населением свежей ягодной продукции земляники садовой ограничено временным периодом в 30-40 дней для большинства регионов производства, где в основном для производства ягод земляники используются технологические модели открытого грунта (табл. 2).

Таблица 2 - Календарь производства ягодной земляничной продукции в основных регионах возделывания

МЕСЯЦ	ДЕКАДА	РЕГИОНЫ					
		Северо-Кавказский	Южный	Центрально-Черноземный	Привол-жский	Централь-ный	Северо-Западный
МАЙ	первая	+					
	вторая	+	+				
	третья	+	+	+			
ИЮНЬ	первая	+	+	+	+		
	вторая		+	+	+	+	+
	третья			+	+	+	+
ИЮЛЬ	первая			+	+	+	+
	вторая					+	+
АВГУСТ				+			
СЕНТЯБРЬ				+			

Проведенный анализ производства ягодной продукции земляники в разрезе регионального аспекта, выявил возможность существенного увеличения времени потребления населением свежей ягодной продукции земляники за счет применения географической возможности формирования межрегиональных поставок продукции с южных регионов страны в центральные и наоборот.

Таблица 3 - Календарь производства ягодной земляничной продукции при использовании элементов малообъемных технологий

Месяц	Декада	Регионы					
		Северо-Кавказский	Южный	Центрально-Черноземный	Приволжский	Центральный	Северо-Западный
Март		+	+				
Апрель		+	+				
Май	1	+	+	+			
	2	+	+	+			
	3	+	+	+	+		
Июнь	1	+	+	+	+	+	+
	2		+	+	+	+	+
	3			+	+	+	+
Июль	1			+	+	+	+
	2					+	+
	3					+	+
Август		+	+	+		+	+
Сентябрь		+	+	+			
Октябрь		+	+	+			
Ноябрь		+	+				

В таблице 3 приведены данные о возможности расширения сроков выращивания земляники садовой на фоне применения элементов малообьёмных технологий в высоких и низких туннелях. Применение данной технологии дает отечественным производителям увеличить временной период производства от 10 до 180 дней в зависимости от региона страны.

Второй путь расширения периода производства ягодной продукции мы видим в использовании комбинации различных сортов и разных сроков созревания земляники короткого дня, данная комбинация на фоне использования ремонтантных сортов, даст прибавку к периоду производства до 4 месяцев.

Конечным результатом наших стала разработанная модель наиболее эффективного производства свежих ягод земляники садовой в условиях Северо-Кавказского региона и в частности в Кабардино-Балкарской республике.

В основу данной модели легло применение сортов земляники короткого и длинного дня, выращиваемых на грядах с использованием мульчирующих материалов, данная комбинация на фоне применения капельного полива и фертигации позволяет получать свежие ягод земляники садовой около 5 месяцев (с середины мая до начала октября).

Для реализации данной модели нами были определены сорта разных сроков созревания и способов выращивания (табл 4.)

Таблица 4 - Организация длительного производства свежей земляники

Сорт	Способы возделывания	Месяц/декада															
		май		июнь				июль				август				сентябрь	
Алба	Ук. м.	+	+	+													
Вима Кимберли	О. г.				+	+	+	+									
Азия	О. г.					+	+	+	+								
Эльсанта	О. г.						+	+	+	+							
Флоренс	О. г.							+	+	+	+						
ВимаРина	О. г.			+	+	+							+	+	+	+	+
ВимаРина	Ук. м.	+	+	+	+												+
Альба	Ук. м.	+	+	+													
Хоней	О. г.				+	+	+	+									
Азия	О. г.					+	+	+	+								
Вима Ксима	О. г.						+	+	+	+							
Мальвина Ароза	О. г.							+	+	+	+						
Монтерей	О. г.			+	+			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Монтерей	Ук. м.	+	+	+	+												

Анализ статистических данных выявил наиболее экономически целесообразными периоды, в которых отмечена наиболее высокая цена и спрос на ягодную продукцию (рис. 2).

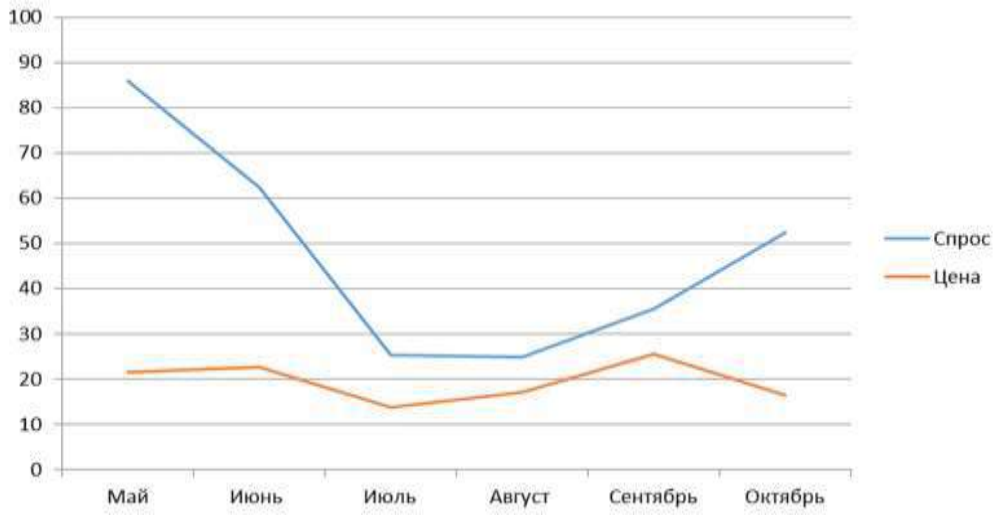


Рисунок 2 - Динамика роста спроса и цены на свежую ягодную продукцию по месяцам

Также нами были разработана и опробована и другая технологическая модель возделывания земляники в Северо-Кавказском регионе, основанная на применении рассады «Фриго».

В ходе наших исследований установлено – применение рассады «Фриго» с диаметром рожка от 18 до 20 мм. дает возможность в экологических условиях Северо-Кавказского региона получения урожая около 500 гр. с куста уже в первый год.

При посеве рассады «Фриго» с временным интервалам от десяти до четырнадцати дней мы можем получать стабильное, длительное производство ягод одного сорта (табл. 5)

Таблица 5 - Схема ротации закладки и плодоношения сорта земляники Монтерей

Ротации	Апрель	Май				Июнь				Июль				Август			Сентябрь
1	В					У	У	У	У								
2			В					У	У	У	У						
3					В					У	У	У	У				
4							В					У	У	У	У		
5									В					У	У	У	У

В - высадка, У-урожай

Заключение

Полученные данные и их анализ позволяют сделать следующие выводы:

1. Применение сортов земляники короткого и длинного дня, выращиваемых на грядах с использованием мульчирующих материалов, на фоне применения капельного полива и фертигации позволяет получать свежие ягод земляники садовой около 5 месяцев (с середины мая до начала октября)
2. Применение рассады «Фриго» с диаметром рожка от 18 до 20 мм дает возможность в экологических условиях Северо-Кавказского региона получения урожая около 500 гр. с куста уже в первый год.
3. При посеве рассады «Фриго» с временным интервалам от десяти до четырнадцати дней мы можем получать стабильное, длительное производство ягод одного сорта.
4. Использование сорта короткого дня Монтерей согласно данной схеме ротации позволяет довести период производственного плодоношения до 3,5 месяцев и способствует планированию непрерывных поставок свежей продукции данного сорта.

Список литературы

1. [Электронный ресурс]. URL: http://ssl.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/plod_2023.xlsx
2. [Электронный ресурс]. URL: http://ssl.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Plod_2024.xlsx
3. [Электронный ресурс]. URL: https://fsvps.gov.ru/news/po-dannym-informacionnoj-sistemy-argus-fito-rosselhoznadzora-rossijane-stali-bolshe-upotrebljat-fruktov-i-ovoshhej/?ysclid=mi4i9t8bvj624318755
4. Бюллетени МСХ РФ о состоянии сельского хозяйства за период 2023 - 2024 гг.
5. Козлова И.И. Система производства товарных ягод земляники // Достижения науки и техники в АПК. – 2009. – № 2. – С. 34-35.
6. Козлова И.И. Сорта земляники суперинтенсивного типа, отвечающие современным стандартам качества // Плодоводство и ягодоводство России: сб. науч. раб. (90 лет со дня рождения Трушечкина). – М.: 2014. – Т. XXXVI .Ч. 2. – С. 103-110.
7. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. – Орел: 1999. – С. 417-443.
8. Программно-методические указания по агротехническим опытам с плодовыми и ягодными культурами / под ред. Н.Д. Спиваковского. – Мичуринск, 1956. – 184 с.
9. Программа Северо-Кавказского центра по селекции плодовых, ягодных, цветочно-декаративных культур и винограда на период до 2030 года / под ред. Е.А. Егорова. – Краснодар: ГНУ СКЗНИИСиВ, 2013. – 202 с.
10. Стратегия развития агропромышленного комплекса страны / Дышекова А.А., Эржибов А.Х., Иванов З.А. [и др.] // Социально-экономические системы в условиях глобальных трансформаций: проблемы и перспективы развития: материалы V Междунар. науч.-практ. конф. региональной площадки VII Международного московского академического экономического форума. – Нальчик, 2025. – С. 13-16.
11. Современная организация выращивания товарной земляники в Краснодарском крае: метод. рекомендации / сост. В.Н. Подорожный. – Крымск: ГНУ Крымская ОСС СКЗНИИСиВ, 2013. – 42 с.
12. Faedi, W. L,attivita di miglioramento genenico el,impatto delle varieta selezionate sulla fragolicoltura regionale, nazionale ed estera / W. Faedi,G. Barruzi, P.Sbrighi // Notiziario tecnico, 2002. – № 64. – S. 9-15.
13. Faedi, W. et al. Nouve varieta e selezione emergenti per la fragolicoltura del Nord Italia// Frutticoltura, 2006. – № 4. – S. 12–21.
14. Hummer, K. Global Conservation Strategy for Fragaria (Strawberry) // Scripta Horticulturae. – Leuven 1, 2008. – № 6. – 87 p.
15. Kikas, A. Evalation of strawberry cultivars at the Polli horticultural institute(Estonia) / A. Kikas, A. Libek // Acta Horticulture: 663 – XI Eucarpia Symposium on Fruit Breeding and Genetics, 2004. – P. 915-918.

References

1. [Electronic resource]. URL: http://ssl.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/plod_2023.xlsx
2. [Electronic resource]. URL: http://ssl.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Plod_2024.xlsx
3. [Electronic resource]. URL: https://fsvps.gov.ru/news/po-dannym-informacionnoj-sistemy-argus-fito-rosselhoznadzora-rossijane-stali-bolshe-upotrebljat-fruktov-i-ovoshhej/?ysclid=mi4i9t8bvj624318755
4. Bulletins of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation on the state of agriculture for the period 2023-2024.
5. Kozlova I.I. System of production of commercial strawberries // Achievements of science and technology in the agro-industrial complex. - 2009. - No. 2. - Pp. 34-35.
6. Kozlova I.I. Super-intensive strawberry varieties that meet modern quality standards // Fruit and berry growing in Russia: Coll. of scientific works (90th anniversary of Trushechkin's birth). - Moscow: 2014. - Vol. XXXVI. Part 2. - Pp. 103-110.
7. Program and methods for variety study of fruit, berry and nut crops. - Orel: 1999. - Pp. 417-443.
8. Program and methodological guidelines for agrotechnical experiments with fruit and berry crops / edited by N.D. Spivakovsky. - Michurinsk, 1956. - 184 p. 9. Program of the North Caucasus Center for Breeding Fruit, Berry,

Flower and Ornamental Crops and Grapes for the Period up to 2030 / edited by E.A. Egorov. – Krasnodar: State Scientific Institution SKZNIISiV, 2013. – 202 p.

10. Strategy for the Development of the Country's Agro-Industrial Complex / Dyshekova A.A., Erzhibov A.Kh., Ivanov Z.A. [et al.] // Socio-Economic Systems in the Context of Global Transformations: Problems and Development Prospects: Proceedings of the V International Scientific and Practical Conference of the Regional Platform of the VII International Moscow Academic Economic Forum. – Nalchik, 2025. – pp. 13-16.

11. Modern Organization of Commercial Strawberry Cultivation in

Krasnodar Krai: Methodological Recommendations / compiled by V.N. Podorozhny. – Krymsk: GNU Crimean OSS SKZNIISiV, 2013. – 42 p.

12. Faedi, W. L,attivita di miglioramento genenico el,impatto delle varieta

selezionate sulla fragolicoltura regionale, nazionale ed estera / W. Faedi,G. Barruzi, P. Sbrighi // Notiziario tecnico, 2002. – No. 64. – S. 9-15.

13. Faedi, W. et al. Nouve varieta e selezione emergenti per la fragolicoltura del Nord Italia // Frutticoltura, 2006. – No. 4. – S. 12–21.

14. Hummer, K. Global Conservation Strategy for Fragaria (Strawberry) // Scripta Horticulturae. – Leuven 1, 2008. – No. 6. – 87 p.

15. Kikas, A. Evalation of strawberry cultivars at the Polli horticultural institute (Estonia) / A. Kikas, A. Libek // Acta Horticulture: 663 – XI Eucarpia Symposium on Fruit Breeding and Genetics, 2004. – P. 915-918.

ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ
(сельскохозяйственные, ветеринарные, биологические науки)

10.52671/26867591_2026_1_145
УДК 619:636.2:616

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СХЕМ ЛЕЧЕНИЯ КЕТОЗА У КОРОВ В УСЛОВИЯХ ИНТЕНСИВНОГО МОЛОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

БАДОВА О.В., канд. ветеринар. наук, доцент
БУРЦЕВА Т.В., канд. пед. наук, доцент
КУРОЧКИНА Н.Г., канд. ветеринар. наук, доцент
ФГБОУ ВО Уральский ГАУ, г. Екатеринбург, Россия

COMPARATIVE EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF KETOSIS TREATMENT SCHEMES IN COWS UNDER INTENSIVE DAIRY PRODUCTION CONDITIONS

BADOVA O.V., Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor
BURTSEVA T.V., Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor
KUROCHKINA N.G., Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor
Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

Аннотация. В научной статье сравниваются схемы терапии кетоза у коров в режиме интенсивного молочного производства. Актуальность исследования заключается в том, что патологии нарушения обмена веществ невозможно полностью исключить в промышленном животноводстве, так как наравне с высокими показателями получаемой продукции, идут и напряженные для организма животного физиологические процессы, следовательно метаболические расстройства на фермах распространены и ведут к значительным экономическими потерями, вызванными этими расстройствами. Исследование проведено на двух группах коров с гипогликемией и кетонемией. Первая схема включала глюкозо-содовый раствор, гексаметилентетрамин, Катозал, кофеин бензоат натрия, Флексопрофен и пропиленгликоль с содой. Вторая — глюкозу, Бутофаст, кофеин бензоат натрия, Гепатоджект и пропиленгликоль с водой. Анализ биохимических показателей (глюкоза, кетоновые тела) на 1, 3 и 5 сутки показал более быструю нормализацию во второй группе: глюкоза выросла на 45%, кетоны снизились в 3,4 раза. Иктеричность слизистых прошла на 2 сутки. Вторая схема эффективнее благодаря лекарственным препаратам, ускоряющим метаболизм и снижающим осложнения. Схема рекомендуется для ветеринарной практики в условиях интенсивного молочного производства для повышения терапевтического и экономического эффекта за счёт сокращения дней лечения и сохранения продуктивности.

Ключевые слова: кетоз, коровы, кетоновые тела, глюкоза, нарушение обмена веществ.

Abstract. *The scientific article compares therapy regimens for ketosis in cows under intensive dairy production conditions. The relevance of the study lies in the fact that metabolic disorders cannot be completely eliminated in industrial livestock farming, as high production rates are accompanied by intense physiological stress on the animal's body; consequently, metabolic disorders are widespread on farms and lead to significant economic losses. The research was conducted on two groups of cows with hypoglycemia and ketonemia. The first regimen included a glucose-soda solution, hexamethylenetetramine, Catosal, caffeine sodium benzoate, Flexoprofen, and propylene glycol with soda. The second regimen consisted of glucose, Butofast, caffeine sodium benzoate, Hepatodject, and propylene glycol with water. Analysis of biochemical parameters (glucose, ketone bodies) on days 1, 3, and 5 showed faster normalization in the second group: glucose increased by 45%, and ketones decreased 3.4 fold. Icterus of mucous membranes resolved by day 2. The second regimen proved more effective due to drugs that accelerate metabolism and reduce complications. It is recommended for veterinary practice in intensive dairy production to enhance therapeutic and economic outcomes through shorter treatment duration and preserved productivity.*

Keywords: *ketosis, cows, ketone bodies, glucose, metabolic disorder.*

Введение.

Кетоз – это заболевание, которому присуще нарушение углеводно-жирового обмена, приводящее к накоплению кетоновых тел в организме [3,5,11,21].

Выделяют следующие основные причины развития данной болезни:

1) высокое содержание концентратов в корме (высокое содержание белков: отруби, бобовые культуры; отходы маслобойного производства – жмыхи, шроты) при недостаточном количестве грубых кормов, богатых клетчаткой (сено, сенаж);

2) дефицит энергии в активную фазу лактации;

3) низкое качество корма [2,15,20].

Кетоз клинически чаще проявляется во второй половине стойлового периода и в первые 6 - 10 недель после отёла из-за большого затрата энергии на воспроизводство молока.

Механизм развития данной патологии связан с избытком белка, который перенасыщает организм в свою очередь кетоновыми аминокислотами, образующими свободную ацетоуксусную кислоту. Она образуется вследствие высокого содержания протеинов на фоне низкого сахаропротеинового отношения, дефицита клетчатки и плохого качества сена. В рубце образуется большое количество аммиака, который усваивается не полностью. На этом фоне снижается рубцовое пищеварение и его pH, идет понижение концентрации пропионовой кислоты, из-за чего в кровь поступает большое количество масляной и молочной кислот, аммиака и др. Дефицит пропионовой кислоты и глюкозы тормозит реакции окисления ацетилкофермента А и способствует образованию большого количества кетоновых тел, при этом происходит уменьшение щелочного резерва крови, развитие ацидоза и демирализация костей [9, 12].

Клиническая картина кетоза проявляется следующими синдромами: ацетонемическим, гастроэнтеральным, гепатотоксическим (подострое и хроническое течение) и невротическим (острое течение) [14,19].

Цель работы - провести сравнение эффективности терапии двух схем лечения кетоза, применяемых в хозяйстве.

Задачи:

1. Сформировать две опытные группы по 5 голов в каждой;
2. Проанализировать динамику изменений биохимических показателей крови (кетоновых тел и глюкозы).
3. Сопоставить сроки выздоровления коров.

Методы исследований.

Работа была проведена на одной из молочно-товарных ферм Свердловской области. Исследования проходили в период с сентября 2024 года по май 2025 года. Для исследования были выбраны 2 группы коров голштинизированной черно-пестрой породы, возраст которых варьировал от 3 до 5 лет, по 5 голов в каждой. Животные имели свободный доступ к воде и находились на полноценном кормлении. Ежедневно осуществляли клинический осмотр данных коров, проводили им термометрию. На начало исследования у коров имелись симптомы кетоза: кетонемия, гипогликемия, общее угнетение, вялость, подавленное состояние и лечение было осуществлено течение 5 дней [18]. Критериями оценки эффективности лечебных мероприятий служили изменения биохимических показателей крови (кетоновых тел и глюкозы). Исследования уровня в крови кетоновых тел и глюкозы проводили на 1, 3 и 5 день лечения.

Первичный диагноз коровам был поставлен на основании клинических признаков, окончательный посредством экспресса теста Vet TD-4235 E на содержания кетоновых тел в крови, для которого достаточно одной капли из хвостовой вены [4,17].

В лечении дозировки препаратов указаны на голову в течение суток.

Схема лечения №1:

1) Глюкозо - содовый раствор, внутривенно, доза 800 мл (раствор глюкозы 40%, доза 400 мл + соды раствор 4%, доза 400 мл)

2) Раствор гексаметилентетрамина, внутривенно, 40%, доза 20 мл.

3) Раствор «Катозал», внутривенно, доза 20 мл.

4) Раствор кофеин бензоата натрия, подкожно, 20%, доза 10 мл.

5) Раствор «Флексопрофен», подкожно, 5 %, доза 30 мл

6) Раствор «Пропиленгликоль», внутрь, 500 мл + сода 500 г.

Схема лечения №2:

1) Раствор глюкозы, внутривенно 40%, доза 800 мл.

2) Раствор «Бутофаст», внутривенно, доза 100 мл.

3) Раствор кофеин бензоата натрия, подкожно 20%, доза 10 мл.

4) Раствор «Гепатоджект», внутримышечно, доза 60 мл.

5) Внутрь, раствор «Пропиленгликоль», доза 500 мл + вода дистиллированная, доза 500 мл.

Уровень содержания в крови глюкозы замерялся специализированным глюкометром TD-4239, а кетоновых тел кетометром TD-4235 E [6].

Результаты.

Сравнивая данные терапии по представленным схемам, стоит отметить следующие изменения клинических признаков:

1) иктеричность оболочек слизистых второй группы прошла на вторые сутки, тогда, как в первой группе, используя старую схему терапии только 4 сутки.

2) у первой группы стул нормализовался на 5 день, у второй на 3 день.

Результаты сравнения схем лечения смотрите чуть ниже:

Таблица 1 - Сравнение уровня глюкозы в крови у первой и второй опытной группы животных за весь курс лечения

Группы	Уровень глюкозы (ммоль/л) на 1, 3, 5 день лечения			Норма (ммоль/л)
1 опытная группа	*1 день*	*3 день*	*5 день*	2,5-3,5
437	1,6	2,2	2,5	
1225	1,7	2,1	2,6	
4463	1,5	1,9	2,5	
1586	1,8	2,1	2,5	
2209	1,7	2,1	2,6	
2 опытная группа	*1 день*	*3 день*	*5 день*	
2590	1,9	2,4	2,7	
260	1,6	2,2	2,6	
4568	1,8	2,1	2,5	
2652	1,7	2,1	2,6	
539	1,9	2,2	2,5	

После терапии, проведённой в данных группах, начала прослеживаться положительная динамика: в первой опытной группе содержание глюкозы в крови к 5 дню поднялось на 53% относительно исходного, во второй опытной группе на 45%. Коровы из второй группы опытной имели более высокие показатели глюкозы на протяжении всего эксперимента. Наибольшее различие между группами наблюдалось в первые сутки (0,12 ммоль/л). К концу терапии - на 5 день, показатели практически сравнялись, что говорит о выходе на стабилизацию метаболических изменений у животных этих групп.

Таблица 2 - Сравнение уровня кетоновых тел в крови у первой и второй опытной группы животных за весь курс лечения

Группы	Уровень кетоновых тел (ммоль/л) на 1, 3, 5 день лечения			Норма (ммоль/л)
1 опытная группа	*1 день*	*3 день*	*5 день*	До 0,6
437	1,9	1,5	0,8	
1225	1,6	1,3	0,5	
4463	1,7	1,4	0,6	
1586	2,1	1,6	0,9	
2209	1,7	1,2	0,6	
2 опытная группа	*1 день*	*3 день*	*5 день*	
2590	1,6	1,1	0,5	
260	1,8	0,7	0,5	
4568	2,2	1,2	0,7	
2652	1,7	0,9	0,5	
539	1,6	0,7	0,4	

В данных группах к пятым суткам наблюдалось значительное уменьшение кетоновых тел. В первой группе опытной показатель снизился в 2,6 раза, а во второй – в 3,4 раза. На третий день терапии во второй группе показатель кетоновых тел стал снижаться гораздо интенсивнее (до 0,92 ммоль/л), относительно первой группы (1,40 ммоль/л). Это может указывать на более высокую скорость терапевтического ответа во второй группе. К пятому дню показатели в обеих группах существенно снизились, однако во второй группе результат оказался более стабильным и низким (0,52 ммоль/л).

Таблица 3 - Динамика показателей углеводного и жирового обмена у подопытных животных (M ± m)

Срок наблюдения	Группа	Глюкоза, ммоль/л	Кетоновые тела, ммоль/л
1 день	*1 опытная*	1,66±0,05	1,80±0,09
	2 опытная	1,78±0,06	1,78±0,11
3 день	*1 опытная*	2,08±0,05	1,40±0,07
	2 опытная	2,20±0,05	0,92±0,10
5 день	*1 опытная*	2,54±0,02	0,68±0,07
	2 опытная	2,58±0,04	0,52±0,05

В таблицу 3 внесены средние арифметические значения (M) и стандартная ошибка среднего (m) – стандарт для представления биохимических показателей. К третьим суткам во второй группе содержание кетоновых тел стало ниже на 48,3%, а в группе в первой всего на 22,2%. По глюкозе вторая группа также демонстрирует более быстрый темп увеличения показателя на ранних этапах. К концу наблюдения, т.е. на пятый день показатели обеих групп значительно улучшились, однако вторая группа достигла более глубокой коррекции кетоза (уровень кетонов снизился на 23,5%, по сравнению с первой группой). У второй группы уровень кетоновых тел в крови понизился существенно, по сравнению с первой, т.к. из схемы лечения исключили соду, которая защелачивала кровь. Также цвет слизистых нормализовался более быстро из-за введения в схему гепатопротектора, который положительно повлиял на функциональную работу печени.

Все препараты, отобранные для второй схемы лечения, направлены на достижение полного выздоровления коров от кетоза.

Раствор глюкозы с концентрацией 40 % относится к группе препаратов, воздействующих на обменные процессы, способствует ускорению окислительно-восстановительных реакций, усиливает детоксицирующую активность печени, повышает тонус миокарда и обеспечивает организм легко усваиваемыми углеводами [7,16]. Применяется внутривенно при болезнях у жвачных: при поражениях ЖКТ, сопровождающихся интоксикацией, понижением тонуса желудка, атонией рубцов, ацетонемией, постнатальной гемоглобинурией, кетонурией и токсемией. Дозировка 75 - 370 мл на голову 1- 2 раза в день.

Бутастим (Бутофаст) – биостимулятор и адаптоген, обладающий тонизирующим и восстановительным эффектом, способствующий улучшению обменных и регенеративных процессов, активизирующий метаболизм белков, жиров и углеводов, повышающий устойчивость организма к стрессовым нагрузкам, а также положительно влияющий на рост и формирование молодняка. Применяется при любых расстройствах обмена веществ, а также как компонент поддерживающей терапии при нехватке кальция и магния, при необходимости стимуляции родовой деятельности и профилактики постнатальных осложнений (включая спазмы матки и родильный парез). Назначается по 10 - 25 мл внутривенно однократно в сутки на одного животного.

Раствор кофеин-натрия бензоата 20% используется, как средство, стимулирующее работу центральной нервной и сердечно-сосудистой систем у животных, назначают при отравлениях ядовитыми веществами, повышенной утомляемости, а также при миастении, обусловленной различными патологиями, для усиления тонуса при снижении сердечной активности, угнетённой батмотропности и дромотропности в миокарде, а также при шоковых состояниях. Используется при хроническом миокардите, миодистрофии, хронических миодегенеративных процессах; выступает как вазодилататор при спазмах сосудов головного мозга, почек и сердца. Дозировка – 5-10 мл на голову внутримышечно.

Гепатоджект представляет собой гепатопротекторное средство, которое успешно применяется для лечения как острых, так и хронических изменений функций печени, способствует быстрой регенерации печеночной ткани, одновременно уменьшая концентрацию токсических метаболитов в циркулирующей крови животного, рекомендуется применять, как самостоятельное средство или в комплексном лечении при острых и хронических поражениях печени различного происхождения [8,10,13]. Препарат назначают для восстановления нормальной работы печени и стимулирования процессов обновления гепатоцитов, вследствие отравлений, а также при сопутствующих соматических и инфекционных заболеваниях, снижает негативное влияние некоторых лекарств на печень. Выпускается в форме раствора, с рекомендуемой дозировкой 50-100 мл на одно животное, применяемой один-два раза в сутки.

Пропиленгликоль, представляющий собой органическое глюкопластичное вещество из класса двухатомных спиртов, активно участвует в метаболических процессах. В процессе обмена веществ он задействуется в производстве углеводных соединений, что известно, как глюконеогенез [1,16]. Этот компонент находит применение в животноводстве для увеличения молочной продуктивности у коров. Также его используют с профилактической целью для предотвращения кетоза, назначая дозировку в 800-1500 миллилитров на одну голову.

Выводы.

В целом, в процессе лечения кетоза клиническое состояние животных нормализовалось, но у второй опытной группы это произошло в более короткие сроки. Также мы отметили следующую физиологическую взаимосвязь: с увеличением уровня глюкозы, являющейся необходимой для восстановления энергетического баланса, происходит уменьшение уровня кетоновых тел в крови, что способствует прекращению избыточного окисления жиров. Во второй опытной группе эта динамика была отслежена более ярко, особенно между первым и третьим днем лечения, что говорит о более быстром купировании патологического процесса, т.е. кетоза, чем у первой опытной группы, поэтому вторая схема лечения имеет практическое обоснование терапевтической эффективности. Экономический эффект данной схемы терапии кетоза заключается в уменьшении сроков терапии, понижения выбраковки коров, сохранении продуктивности и минимального риска развития осложнений.

Список литературы

1. Блинков М. С., Скворцова Л. Н. Продуктивные эффекты пропиленгликоля на организм высокопродуктивных коров в начале лактации // Сборник научных трудов Краснодарского научного центра по зоотехнии и ветеринарии. – 2021. – № 1. – С. 322-324.

2. Васильев Р. М., Кузьмина Н. И. Влияние кетоза на воспроизводительную функцию коров // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. – 2023. – № 12. – С. 33-39.

3. Ганиева А. Р., Курочкина Н. Г. Анализ эффективности профилактических и лечебных мероприятий по борьбе с кетозом на животноводческом комплексе // Молодёжь и наука. – 2022. – № 1.

4. Глазунова Л. А., Глазунов Ю. В. Биохимические маркеры ранней диагностики кетоза у высокопродуктивных коров // Аграрный вестник Урала. – 2024. – № 2 (231). – С. 62-71.

5. Дроздова Л. И., Жукова Е. А. Патоморфологические изменения при кетозе у коров // Аграрная наука. – 2023. – № 9. – С. 28-33.

6. Желнакова С. С. Диагностика, профилактика и лечение кетоза у коров // Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвящённой 110-летию И.С. Кауричева. – Калуга: 2024. – С. 176-180.

7. Иванюк В. П., Бобкова Г. Н. Комплексная терапия кетоза коров // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2021. – № 4 (90). – С. 197-199.

8. Эффективность лечения коров при кетозе в условиях молочного комплекса / В. А. Козлова, Е. Н. Любченко, Д. В. Капралов [и др.] // Роль аграрной науки в развитии лесного и сельского хозяйства Дальнего Востока. – Уссурийск: 2023. – С. 184-190.

9. Кочеткова Н. А. Биохимические изменения при кетозах у коров // Вызовы и инновационные решения в аграрной науке. – Майский: 2024. – С. 72-73.

10. Кравченко Ю. Н., Дегтярёв Д. В. Эффективность разных схем терапии кетоза в условиях молочных комплексов // Ветеринария сегодня. – 2024. – № 2 (41). – С. 90-96.

11. Лебедева, И. А., Шабунин С. В. Современные подходы к профилактике кетоза в транзитный период // Российский ветеринарный журнал. – 2024. – № 3. – С. 18-24.

12. Михайлова, И. И., Копылов С. Н. Метаболический профиль крови при кетозе и его коррекция // Вестник КрасГАУ. – 2023. – № 8 (197). – С. 134-140.

13. Романенко, Л. В., Пономарёв В. С. Применение гепатопротекторов в комплексной терапии кетоза высокопродуктивных коров // Ветеринария и кормление. – 2024. – № 3. – С. 28-32.

14. Симурзина, Е. П. Эффективные протоколы терапии субклинической и клинической форм кетоза молочных коров // Перспективные технологии и инновации в АПК в условиях цифровизации. – Чебоксары, 2024. – С. 178-180.

15. Смирнова Е. С., Палыга А. П. Сравнительная экономическая эффективность разных схем лечения кетоза у коров // Экономика сельского хозяйства России. – 2025. – № 1. – С. 45–51.

16. Тарасов С. А., Медведев И. Н. Влияние пропиленгликоля и глюкозосодержащих препаратов на энергетический обмен при кетозе // Проблемы биологии продуктивных животных. – 2023. – № 4. – С. 65-72.

17. Фёдорова Е. В., Нежданов А. Г. Сравнительный анализ методов диагностики субклинического кетоза у коров // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2025. – Т. 26. – № 1. – С. 114-121.

18. Шубина Т. П., Безлепкина А. А., Скрипка З. В. Кетоз коров, его профилактика и современные методы лечения / Т. П. Шубина, // Международный научно-исследовательский журнал. – 2024. – № 11 (149). – DOI 10.60797/IRJ.2024.149.62.

19. Chirivi M., Cortes-Beltran D., Munsterman A., O'Connor A., Contreras G.A. Lipolysis inhibition as a treatment of clinical ketosis in dairy cows: A randomized clinical trial. Journal of Dairy Science. 2023;106(12):9514-9531. DOI: 10.3168/jds.2023-23567.

20. Gross J.J. Ketosis in Dairy Cows. In: Production Diseases in Farm Animals. Springer International Publishing; 2024:115-133. DOI: 10.1007/978-3-031-51783-7_5.

21. Radoslavov G., Hristov P., Fodor I., et al. Critical Analysis of Protocols for Good Veterinary Practices in Monitoring, Prevention and Treatment of Ketosis in Dairy Cows. Veterinary Sciences. 2025;12(10):1019. DOI: 10.3390/vetsci12101019.

References

1. Blinkov M. S., Skvortsova L. N. Productive effects of propylene glycol on the body of highly productive cows at the beginning of lactation // Collection of scientific papers of the Krasnodar Scientific Center for Animal Science and Veterinary Medicine. - 2021. - No. 1. - P. 322-324.

2. Vasiliev R. M., Kuzmina N. I. The effect of ketosis on the reproductive function of cows // Veterinary science, animal science and biotechnology. - 2023. - No. 12. - P. 33-39.

3. Ganieva A. R., Kurochkina N. G. Analysis of the effectiveness of preventive and therapeutic measures to combat ketosis in a livestock complex // Youth and Science. – 2022. – № 1.

4. Glazunova L. A., Glazunov Yu. V. Biochemical markers of early diagnosis of ketosis in highly productive cows // Agrarian Bulletin of the Urals. – 2024. – № 2 (231). – P. 62-71.

5. Drozdova L. I., Zhukova E. A. Pathomorphological changes in ketosis in cows // Agrarian science. – 2023. – № 9. – P. 28-33.

6. Zhelnakova S. S. Diagnostics, prevention and treatment of ketosis in cows // Proceedings of the All-Russian scientific and practical conference dedicated to the 110th anniversary of I.S. Kaurichev. – Kaluga: 2024. – P. 176-180.

7. Ivanyuk V. P., Bobkova G. N. Complex therapy of ketosis in cows // Bulletin of the Orenburg State Agrarian University. - 2021. - No. 4 (90). - P. 197-199.

8. Efficiency of treating cows with ketosis in a dairy complex / V. A. Kozlova, E. N. Lyubchenko, D. V. Kapralov [et al.] // The role of agricultural science in the development of forestry and agriculture in the Far East. - Ussuriysk: 2023. - P. 184-190.

9. Kochetkova N. A. Biochemical changes in ketosis in cows // Challenges and innovative solutions in agricultural science. - Maysky: 2024. - P. 72-73.

10. Kravchenko Yu. N., Degtyarev D. V. Efficiency of different ketosis therapy regimens in dairy farms // Veterinary Science Today. - 2024. - No. 2 (41). - P. 90-96.

11. Lebedeva, I. A., Shabunin S. V. Modern approaches to the prevention of ketosis during the transition period // Russian Veterinary Journal. - 2024. - No. 3. - P. 18-24.

12. Mikhailova, I. I., Kopylov S. N. Metabolic blood profile in ketosis and its correction // Bulletin of KrasSAU. - 2023. - No. 8 (197). - P. 134-140.

13. Romanenko, L. V., Ponomarev V. S. Use of hepatoprotectors in the complex therapy of ketosis in highly productive cows // Veterinary science and feeding. - 2024. - No. 3. - P. 28-32.

14. Simurzina, E. P. Effective protocols for the treatment of subclinical and clinical forms of ketosis in dairy cows // Promising technologies and innovations in the agro-industrial complex in the context of digitalization. - Cheboksary, 2024. - P. 178-180.

15. Smirnova E. S., Palyga A. P. Comparative economic efficiency of different regimens for the treatment of ketosis in cows // Economics of agriculture of Russia. - 2025. - No. 1. - P. 45-51.

16. Tarasov S. A., Medvedev I. N. Effect of propylene glycol and glucose-containing drugs on energy metabolism during ketosis // Problems of biology of productive animals. - 2023. - No. 4. - P. 65-72.

17. Fedorova E. V., Nezhdanov A. G. Comparative analysis of methods for diagnosing subclinical ketosis in cows // Agrarian science of the Euro-North-East. - 2025. - Vol. 26. - No. 1. - P. 114-121.

18. Shubina T. P., Bezlepkina A. A., Skripka Z. V. Ketosis in cows, its prevention and modern methods of treatment / T. P. Shubina, // International research journal. - 2024. - No. 11 (149). – DOI 10.60797/IRJ.2024.149.62.

19. Chirivi M., Cortes-Beltran D., Munsterman A., O'Connor A., Contreras G.A. Lipolysis inhibition as a treatment of clinical ketosis in dairy cows: A randomized clinical trial. Journal of Dairy Science. 2023;106(12):9514-9531. DOI: 10.3168/jds.2023-23567.

20. Gross J.J. Ketosis in Dairy Cows. In: Production Diseases in Farm Animals. Springer International Publishing; 2024:115-133. DOI: 10.1007/978-3-031-51783-7_5.

21. Radoslavov G., Hristov P., Fodor I., et al. Critical Analysis of Protocols for Good Veterinary Practices in Monitoring, Prevention and Treatment of Ketosis in Dairy Cows. Veterinary Sciences. 2025;12(10):1019. DOI: 10.3390/vetsci12101019.

10.52671/26867591_2026_1_150
УДК 619:616.98:579.873.21-07

СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДОВ ЗАРАЖЕНИЯ МОРСКИХ СВИНОК ПРИ ДИАГНОСТИКЕ ТУБЕРКУЛЕЗА

БАРАТОВ М.О.[1,2], д-р ветеринар. наук, профессор
САКИДИБИРОВ О.П.[2], д-р ветеринар. наук, профессор
[1]Прикаспийский ЗНИВИ – филиал ФГБНУ «ФАНЦ РД» г. Махачкала, Россия
[2]ФГБОУ ВО Дагестанский ГАУ, г. Махачкала, Россия

A COMPARATIVE STUDY OF GUINEA PIGS INFECTION METHODS FOR TUBERCULOSIS DIAGNOSIS

BARATOV M.O. [1,2], Doctor of Veterinary Sciences, Professor
SAKIDIBIROV O.P. [2], Doctor of Veterinary Sciences, Professor
[1]Caspian Research Institute of Veterinary Medicine - Branch of the Federal Research Scientific Center of the Republic of Dagestan, Makhachkala, Russia
[2]Dagestan State Agrarian University, Makhachkala, Russia

Аннотация. Цель – поиск путей сокращения сроков для уточнения диагноза на туберкулез методом биологической пробы. **Материалы и методы**. Исследование проведено на 84 морских свинках в соответствии с современными требованиями нормативных документов. Для заражения использовали штаммы M. bovis 8, M. bovis 622 и M. avium 780, заражение проводили интратестикулярно и подкожно. **Результаты.** При подкожном заражении изменения в виде отека наблюдали в семенниках на 5-8 день, при интратестикулярном – 4-6 день. К 15 дню в обоих случаях образовавшийся абсцесс вскрывался с последующим рубцеванием. Средняя продолжительность жизни при интратестикулярном заражении было на 2-10 дней меньше, чем при подкожном, с характерными изменениями во внутренних органах для генерализованного туберкулеза. Селезёночный индекс выявил изменения в массе в 4 – 25 раз, что является свидетельством специфического

поражение органов. Интратестикулярное и подкожное заражение морских свинок микобактериями туберкулёза бычьего вида во всех случаях вызывает изменения характерные для генерализованного туберкулеза. **Выводы.** Ни один из указанных методов не имеет преимущества по степени выраженности специфических изменений.

Ключевые слова: туберкулез, интратестикулярно, штаммы, морские свинки, подкожный метод, отек, селезеночный индекс, заражение.

Abstract. *Objective of the study is to identify ways to reduce the time required to confirm a tuberculosis diagnosis using a biological assay. Materials and Methods. The study was conducted on 84 guinea pigs in accordance with current regulatory requirements. M. bovis 8, M. bovis 622, and M. avium 780 strains were used for infection, administered intratesticularly and subcutaneously.* ***Results.*** *With subcutaneous infection, changes in the form of edema were observed in the testicles on days 5-8, and with intratesticular infection, on days 4-6. By day 15, in both cases, the resulting abscess had ruptured and subsequently scarred. The average survival time with intratesticular infection was 2-10 days shorter than with subcutaneous infection, with changes in internal organs characteristic of generalized tuberculosis. The spleen index revealed changes in weight by 4-25 times, indicating specific organ damage. Intratesticular and subcutaneous infection of guinea pigs with Mycobacterium tuberculosis bovine species in all cases produced changes characteristic of generalized tuberculosis.* ***Conclusions.*** *Neither method has an advantage in terms of the severity of specific changes.*

Keywords: *tuberculosis, intratesticular, strains, guinea pigs, subcutaneous method, edema, splenic index, infection.*

Введение. Биологическая проба является основным методом при выявлении туберкулеза и определения вида микобактерии. Вместе с тем, она требует длительного времени: до 3 месяцев при заражении лабораторных животных патологическим материалом и до 6 месяцев – при повторном заражении. Такая длительность исследований, проводимых ветеринарными диагностическими лабораториями отрицательно сказывается на своевременности проведения мероприятий по ликвидации туберкулеза, что заставляет искать пути сокращения сроков, необходимых для постановки диагноза на туберкулез[2,5, 7,18].

Для диагностики туберкулеза в ветеринарной практике узаконен подкожный метод заражения морских свинок, но в литературе как более чувствительный описан интратестикулярный метод. Считают, что он имеет особенно большое значение при диагностике урогенитального туберкулеза вследствие малой обсемененности микобактериями патологического материала[1,4,12,16]

Показано, что при интратестикулярном методе заражения распространённость туберкулезных изменений в организме морских свинок оказалось значительно большей, чем при подкожном заражений. На высокую разрешающую способность интратестикулярного метода в биопробе на туберкулез при незначительных поражённых участках указывают и другие авторы[3,6,9.17].

Вместе с тем, сопоставляя 4 метода заражения (подкожный, внутрикожный, внутрибрюшинныйц и интратестикулярный) отмечают, что при заражении морских свинок вирулентными культурами микобактерии туберкулеза наименьшее патологоанатомические изменения имелись у животных, заражённых внутрикожно и интратестикулярно, что автор связывает с выделением части микобактерий во внешнюю среду в результате образования некрозов и свищей в месте введения микобактерий [8,10.13,14,15]

Следует указать, что все выше перечисленные работы проводились с использованием возбудителя туберкулеза человеческого вида.

Целью работы явилось сравнение двух методов заражения (интратестикулярного и подкожного) морских свинок с разной массой тела применительно к возбудителю туберкулеза бычьего и птичьего видов.

Материалы и методы. Для выяснения этих вопросов было поставлено 2 опыта. В первом опыте 60 морских свинок массой тела 300 – 350 г разделили на 12 групп, по 5 морских свинок в каждой. Заражение проводили 2 штаммами микобактерии туберкулеза бычьего вида: M. bovis 8 и M. bovis 622. Одну половину животных заразили подкожно, другую – интратестикулярно в убывающих дозах: 5,0;1,0 и 0,1 мг влажной бактериальной массы.

Во вором опыте было использовано 24 морские свинки массой тела 450-500 г, которых разделили на 6 групп, по 4 морских свинок в каждой. Животных заразили микобактериями в дозе 5,0 мг: M. bovis штамм 8 и 622 и M. avium штамм 780 подкожно и интратестикулярно. I группа – интратестикулярно M. bovis 8; II – подкожно M. bovis 8; III группа – интратестикулярно M. bovis 622; IV – подкожно M. bovis 622; V –интратестикулярно M. avium 780; VI – подкожно M. avium 780.

Указанную навеску микробной массы вводили в 1 мл физиологического раствора при подкожном заражении и в 0,2 – при интратестикулярном. За зараженными животными первого опыта проводили клиническое наблюдение до их гибели. Во втором опыте животных, которые не погибли в течение 3 месяцев, по истечению этого срока убили и взяли материал для исследования.

Результаты исследования. При подкожном заражении морских свинок микобактериями бычьего вида уже на 5-8 день в месте введения культуры был заметен воспалительный отек, превращающийся затем в абсцесс, который через 10-15 дней вскрывался наружу, а на месте его образовалась язва, дно которой было покрыто казеозной массой. В последствие язва

начинала рубцеваться. Региональные месту заражения, а также паховые лимфатические узлы увеличивались,на 7-10 день и к 30-му дню достигали величины крупной фасоли.

При интратестикулярном заражении наиболее ранние изменения наблюдались в семенниках. Уже на 4-6 день семенник, в который ввели культуру микобактерий, увеличивался, уплотнялся, кожа мошонки над ним была горячая, покрасневшая. К 15-му дню он увеличивался в 8-10 раз, терял возможность подниматься в брюшную полость через паховый канал. В это время наблюдали значительное увеличение региональных лимфатических узлов, но таких размеров как при подкожном заражении, они не достигали. Если при подкожном заражении микобактериями бычьего вида всегда на месте заражения образовывалось язва, то при интратестикулярном заражении свищи, и язвы в первом опыте образовались только у 3 животных из 30. По видимому, образование язв и свищей явилось следствием погрешности заражения – попадания частим заражающей взвеси под кожу мошонки. Язвы образовывались на 10-12-й день после заражения и увеличивались до гибели животного. Продолжительность жизни морских свинок в случае образования язв увеличивалась. При интратестикулярном заражении животных второго опыта язвы и свищи отсутствовали.

Результаты сопоставления продолжительности жизни морских свинок при двух методах заражения в первом опыте приведены в таблице 1, из которых видно, что во всех группах средняя продолжительность жизни животных, зараженных интратестикулярно, на 2-10 дней была меньше, чем при подкожном заражении.

Таблица 1 - Продолжительность жизни (дни) морских свинок при интратестикулярном и подкожном заражении штаммами M. Bovis

№	M. bovis 622					
	интратестикулярно			подкожно		
	0,1	1,0	5,0	0,1	0,1	5,0
1	-	38	24	24	35	36
2	44	41	26	45	45	38
3	45	41	36	66	46	39
4	56	42	40	67	54	40
5	60	52	45	67	57	58
M±m	51,25±1,5	43±1	34,2±4,2	53,8±8,6	47,4±4,4	40,3±4,4
№	M. bovis 8					
	интратестикулярно			подкожно		
	1,0	1,0	5,0	0,1	0,1	5,0
1	26	21	18	24	42	24
2	36	23	21	24	43	40
3	41	33	24	43	57	43
4	45	35	24	57	58	50
5	53	53	24	60	63	52
M±m	40,2±5,4	33±6,4	22,2±1,2	41,6±7,2	52,6±4,2	41,8±5,6

При вскрытии у павших животных, независимо от метода заражения, отмечали характерные для генерализованного туберкулеза патологоанатомические изменения. В легких имелись многочисленные сероватые полупрозрачные узелки размером от макового зерна до просяного, иногда крупнее. Селезенка увеличена в 5-25 раз, с округлыми очагами, выступающими над поверхностью органа, либо обширными светлыми инфарктами. Печень увеличена, полукровна, вишнево-красного цвета или уплотнённая, с глинистым оттенком, с отдельными светло- желтоватыми и зеленоватыми участками неправильной формы различного размера. Региональные лимфатические узлы увеличены, содержанием казеозных масс. Такие же изменения наблюдали в бронхиальных, средостенных и глубоких шейных лимфатических узлах. Зависимости преимущественного поражения каких-либо внутренних органов от метода заражения не установлено. У животных, зараженных интратестикулярно, кроме перечисленных, наблюдали изменения в семенниках. У большинства животных семенник, в который вводили культуру, увеличен в 3-6 раз, плотной консистенции, хрустящий при разрезании. У четырех морских свинок из 30 исследованных семенник атрофирован или увеличен в 2-3 раза, уплотнен, но ни в одном случае не оставался без изменений.

При гистологичекском исследовании в семенниках, в которые производили заражение, отмечали тотальный некроз, в противоположных – различную степень атрофии спермотогенного эпителия.

При вскрытии у морских свинок второго опыта, зараженных микобактериями бычьего вида и павших в разные сроки, патологоанатомические изменения были такие же, как у морских свинок первого опыта.

В группах, заражённых подкожно M. avium 780, падежа не наблюдали. Животные этих групп убиты через 3 мес после заражения. При вскрытии у морских свинок, зараженных подкожно, видимых изменений не отмечали, за исключением небольшого увеличения регионарных месту заражения паховых лимфатических узлов.

У животных, зараженных интратестикулярно M. avium 780, находили изменения в семенниках, в регионарных (паховые) и селезёночных лимфатических узлах. Семенник в который ввели микобактерии, увеличен в 2-3 раза, второй – атрофирован, регионарные месту заражения паховые лимфатические узлы увеличены, с очагами казеозного некроза.

В первом опыте по выраженности и характеру патологоанатомических изменений у погибших морских свинок, зараженных микобактериями бычьего вида подкожно или интратестикулярно, не удалось выявить различий. Поэтому во втором опыте для этой цели мы применили более объективный цифровой показатель – селезеночный индекс (СИ), определяемый по формуле:

$$СИ = \frac{\text{масса селезенки (г)}}{\text{масса морской свинки (г)}} \times 100$$

Средняя масса селезёнки у здоровых морских свинок составляет 0,5 г, а у животных, заражённых возбудителем туберкулеза, масса увеличилось в 4-25 раз. Кроме этого, у инфицированных животных в процессе перебеливания отмечали снижение массы тела. Таким образом, селезеночный индекс является наиболее объективным показателем степени поражения животных туберкулезом. Чем больше числовое значение селезеночного индекса, тем выше специфические поражение органов. У здоровых морских свинок селезеночный индекс в среднем равен 0,12.

Во всех группах, зараженных микобактериями бычьего вида, кроме первого, селезеночный индекс варьировал от 1 до 4,4; в первой – от 1,2 до 2,2. Следовательно, при заражении M. bovis ни один из двух методов преимущество не имеет. Продолжительность жизни после заражения животных второго опыта и числовое значение селезеночного индекса приведены в таблице 2, из которых видно, что при заражении морских свинок интратестикулярно M. bovis 8, продолжительность жизни их на 12 дней меньше, чем при подкожном, а при заражении M. bovis 622 – на 17 дней.

Таблица 2 - Продолжительность жизни (дни) морских свинок при интратестикулярном и подкожном поражении их различными видами микобактерий

№	M. bovis 8				M. bovis 622			
	интратестикулярно		подкожно		интратестикулярно		подкожно	
	выживаемость	СИ	выживаемость	СИ	выживаемость	СИ	выживаемость	СИ
1	31	1,6	51	3,0	34	1,0	51	4,0
2	35	1,2	58	4,0	34	1,5	54	1,2
3	36	2,1	59	1,7	35	1,8	54	2,3
4	55	2,0	62	2,0	44	4,4	55	2,6
M±m	39,3±5,4		57,5±2,3		36,8±2,4		53,5±0,9	

№	M. avium 780			
	интратестикулярно		подкожно	
	выживаемость	СИ	выживаемость	СИ
1	Убиты через 90 дней после заражения	0,12	Убиты через 90 дней после заражения	0,14
2		0,14		0,12
3		0,12		0,14
4		0,12		0,11

Следовательно, независимо от первоначального веса животных, гибель морских свинок, зараженных интратестикулярно, наступает раньше, чем при заражении традиционным методом, причём с увеличением первоначального веса животных разница становиться значительнее.

Сравнивая продолжительности жизни животных после заражения во втором опыте с продолжительностью жизни аналогичных групп из первого опыта, можно заметить, что в среднем морские свинки с массой тела 450-500 г жили на 4-17 дней больше чем животные с массой 300-350 г.

В группах, зараженных M. avium 780, селезёночный индекс приближается к значению нормы. Из проведенных исследований видно, что гибель морских свинок, зараженных интратестикулярно микобактериями бычьего вида, наступает раньше, чем при подкожном. Использование интратестикулярного метода позволяет ускорить исследование с целью подтверждения диагноза на туберкулез.

Его эффективность в ускорении диагностики туберкулеза значительно повышается при использовании для постановки биопробы морских свинок массой тела большей, чем предусмотрено инструкцией

При интратестикуляном и подкожном заражении морских свинок микобактериями туберкулёза бычьего вида во всех случаях развиваются изменения, характерные для генерализованного туберкулеза, которые независимо от метода введения, однотипны. Исключением являются изменения, развивающиеся на месте введения микобактерий.

Выводы. Таким образом, ни один из указанных методов не имеет преимущества по степени выраженности специфических изменений. Микобактерии туберкулеза птичьего вида непатогенны для морских свинок при подкожном и интратестикулярном заражении. Гибель морских свинок при интратестикулярном способе заражения M. bovis наступает быстрее, чем при подкожном. При заражении культурой M. avium 780 гибель животных

не наступает ни при одном способе заражения. Патологоанатомические изменения через 3 мес. после заражения при подкожном способе, имеют место в регионарных, иногда и в других лимфатических узлах. При интратестикулярном заражении, изменения выявляют в тестикулах, иногда в регионарных узлах.

Список литературы

1. Разрешающая способность методов прижизненной и посмертной диагностики туберкулеза крупного рогатого скота / В.М. Авилов, В.П. Урбан, В.В. Сочнев [и др.] // Междунар. научн.-практ. конф. – Санкт-Петербург. – 2004. – С.28-32.

2.Баратов М.О. Туберкулез животных. – Махачкала: 2018. – С. 244.

3.Баратов М. О. Проблемы и перспективы серологической диагностики туберкулеза крупного рогатого скота // Ветеринария сегодня. – 2021. – № 1. – С. 33-37. DOI: 10.29326/2304-196X-2021-1-36-33-37.

4.Боганец Н.С. Бактериологическая диагностика туберкулеза животных и ее усовершенствование: автореф. дис. … д-ра вет. наук. – Омск: 2006. – 38 с.

5.Найманов А.Х. Проблемы диагностики и профилактики туберкулеза крупного рогатого скота в современных условиях // Ветеринарная патология. – 2004. – №1-2(9). – С.18-23.

6.Совершенствование бактериологической диагностики туберкулеза / Р.А. Нуратинов, З.А. Казиахмедов, А.Х. Найманов [и др.] // Сб. науч. тр., посвященный 70-летию ДальЗНИВИ. – Благовещенск: 2005. – С. 13-21.

7.Экспериментальный туберкулез овец / Н.П. Овдиенко, А.Х. Найманов, В.И. Косенко [и др.] // Труды ВИЭВ. – 2003. – Т.73. – С.31- 36.

8.Бактериологическая диагностика туберкулеза животных. / Н.П. Овдиенко, А.Х. Найманов, Ю.Н. Смолянинов [и др.] // Ветеринария. – 2006. – №12. – С.3-6.

9. Современные проблемы диагностики и профилактики туберкулеза животных / В.Г. Ощепков, Н.П. Овдиенко, А.Х. Найманов [и др.] // Ветеринарный консультант. – 2003. – №20. – С.9.

10. Патогенез экспериментального паратуберкулеза овец и коз / В. А. Сидорчук, А.Х.Найманов, Н.П.Овдиенко [и др.] // Актуальные проблемы ветеринарной медицины: сб. науч. тр. МГАВМиБ им. К.И.Скрябина,. – 2009. – С.219-222.

11. Биохимические изменения крови коз при экспериментальном заражении M. bovis / Е.М. Сошникова, Г.И. Устинова, В.И. Строгонов [и др.] // Труды ВИЭВ. – Т. 76. – С. 115-117.

12.Туркебаева К.А., Благодарный Я.А. Патологическая анатомия туберкулеза млекопитающих и виды микобактерий. – Алма-Ата: Наука КазССР, 1981. – 199 с.

13.Финкель Е.А., Михалева Г.А. Течение экспериментального туберкулеза у коз. – Киргизкий НИИ туберкулеза, 1976. – С. 35-36.

14.Шишков В.П., Налетов Н.А., Якушева О.В. Патогенез и патоморфология туберкулеза // Туберкулез сельскохозяйственных животных. – М.: ВО Агропромиздат, 1991. – С.64-72.

15.Патологоанатомическая диагностика туберкулеза / В.Е. Щуревский, О.В. Якушева, Н.П. Овдиенко [и др.] // Ветеринария. – 1980. – №10. – С.27-29.

16.Abbas B. Diagnosis of Johne’s disease (Paratuberculosis) in cattle with emphasis on serological metods / B. Abbas. // Vet. Med. Diss. University of California. – 1983.P.34-41.

17.Bendixen P.H. Immunological reactions caused by infection with Mycobacterius paratuberculosis / P.H. Bendixen. // Nord. Vet. Med. – 1978. – Vol.30. – P.163-168.

18.Chaulet P. Tuberculosis. / P.Chaulet, F. Banlahbal, S. Crosset. // Int. J. Tuberc. Lung. Dis. – 1996. – Vol.78. – P. 487-492.

References

1. Resolution of methods for intravital and postmortem diagnostics of bovine tuberculosis / V. M. Avilov, V. P. Urban, V. V. Sochnev [et al.] // Int. scientific-practical. conf. - St. Petersburg. - 2004. - Pp. 28-32.

2. Baratov M. O. Animal tuberculosis. - Makhachkala: 2018. - P. 244.

3. Baratov M. O. Problems and prospects of serological diagnostics of bovine tuberculosis // Veterinary science today. - 2021. - No. 1. - Pp. 33-37. DOI: 10.29326/2304-196X-2021-1-36-33-37.

4. Boganets N. S. Bacteriological diagnostics of tuberculosis in animals and its improvement: author's abstract. diss.... Dr. of Veterinary Sciences. – Omsk: 2006. – 38 p.

5. Naimanov A.Kh. Problems of diagnostics and prevention of tuberculosis in cattle in modern conditions // Veterinary pathology. – 2004. – No. 1-2(9). – P. 18-23.

6. Improving bacteriological diagnostics of tuberculosis / R.A. Nuratinov, Z.A. Kaziakhmedov, A.Kh. Naimanov [et al.] // Collection of scientific papers dedicated to the 70th anniversary of DalZNIVI. – Blagoveshchensk: 2005. – P. 13-21.

7. Experimental tuberculosis in sheep / N.P. Ovdienko, A.Kh. Naimanov, V.I. Kosenko [et al.] // Proceedings of VIEV. - 2003. - Vol. 73. - Pp. 31- 36.

8. Bacteriological diagnostics of tuberculosis in animals. / N. P. Ovdienko, A. Kh. Naimanov, Yu. N. Smolyaninov [et al.] // Veterinary science. - 2006. - No. 12. - Pp. 3-6.

9. Modern problems of diagnostics and prevention of tuberculosis in animals / V. G. Oshchepkov, N. P. Ovdienko, A. Kh. Naimanov [et al.] // Veterinary consultant. - 2003. - No. 20. - P. 9. 10. Pathogenesis of experimental paratuberculosis in sheep and goats / V. A. Sidorchuk, A. Kh. Naimanov, N. P. Ovdienko [et al.] // Actual problems of veterinary medicine: collection of scientific papers of the K. I. Scriabin Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology. - 2009. - P. 219-222.

11. Biochemical changes in the blood of goats during experimental infection with M. bovis / E. M. Soshnikova, G. I. Ustinova, V. I. Strogonov [et al.] // Proceedings of the All-Russian Society of Experimental Veterinary Medicine. - Moscow. - Vol. 76. - P. 115-117.

12. Turkebaeva K. A., Blagodarny Ya. A. Pathological anatomy of tuberculosis in mammals and types of mycobacteria. – Alma-Ata: Nauka KazSSR, 1981. – 199 p.

13. Finkel E.A., Mikhaleva G.A. The course of experimental tuberculosis in goats. – Kyrgyz Research Institute of Tuberculosis. 1976. – P. 35-36.

14. Shishkov V.P., Naletov N.A., Yakusheva O.V. Pathogenesis and pathomorphology of tuberculosis // Tuberculosis of farm animals. – Moscow: VO Agropromizdat, 1991. – P. 64-72.

15. Pathological diagnostics of tuberculosis / V.E. Shchurevsky, O.V. Yakusheva, N.P. Ovdienko [et al.] // Veterinary science. – 1980. – No. 10. – P. 27-29.

16.Abbas B. Diagnosis of Johne's disease (Paratuberculosis) in cattle with emphasis on serological methods / B. Abbas. // Vet. Med. Diss. University of California. – 1983.R.34-41.

17.Bendixen P.H. Immunological reactions caused by infection with Mycobacterius paratuberculosis / P.H. Bendixen. //Nord. Vet. Med. – 1978. – Vol.30. – P.163-168.

18. Chaulet P. Tuberculosis. / P. Chaulet, F. Banlahbal, S. Crosset. // Int. J. Tuberc. Lung. Dis. – 1996. – Vol.78. – P. 487-492.

10.52671/26867591_2026_1_155
УДК: 574.5

БИОТЕХНОЛОГИИ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРИМЕНЕНИЯ

ГОРШУНОВА С.В., канд. с.-х. наук, доцент
СМИРНОВА Е.А., канд. биол. наук, доцент
БУЗМАКОВА Н.А., ассистент
ФГБОУ ВО МГАВМиБ МВА-им. К.И. Скрябина, г. Москва, Россия

BIOTECHNOLOGY OF MICROALGAE CULTIVATION AND PROSPECTS FOR THEIR INDUSTRIAL APPLICATION

GORSHUNOVA S.V., Candidate of Biological Sciences, Associate Professor
SMIRNOVA E.A., Candidate of Biological Sciences, Associate Professor
BUZMAKOVA N.A., Assistant
Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology, Moscow, Russia

Аннотация. Микроводоросли – это микроскопические водоросли размером от нескольких микрометров до нескольких сотен микрометров. В среднем половина кислорода в атмосфере образуется в результате фотосинтеза микроводорослей, поэтому роль этих микроорганизмов в жизненном цикле планеты очень значительна. Ограниченная доступность природных ресурсов и запасов ископаемого топлива недостаточна для удовлетворения потребностей растущего населения. В результате возрастает потребность в возобновляемых источниках энергии для устойчивого производства энергии. Микроводоросли в последнее время привлекают большое внимание, учитывая их разнообразное применение и потенциал для устойчивого производства энергии. Микроводоросли способны поглощать атмосферный углекислый газ посредством фотосинтеза, что делает их идеальными кандидатами для производства устойчивого биотоплива и считаются экологически чистой альтернативой ископаемому топливу. Кроме того, микроводоросли имеют широкий спектр применения в пищевой и нутрицевтической отраслях, поскольку они богаты белками, витаминами и минералами, что делает их отличным источником пищевых добавок и кормов для животных. В данной статье мы сосредоточились на подборе оптимальных условий и выборе штаммов для культивирования микроводорослей, использовании микроводорослей в очистке сточных вод, производстве биотоплива, декарбонизации, рассмотрены перспективные направления производства биотоплива с использованием отходов сельскохозяйственного производства и возможности перехода на циклическую зеленую экономику. В настоящей статье сравниваются подходы отечественных и иностранных авторов к изучению потенциала и сфер применения микроводорослей.

Ключевые слова: микроводоросли, биотопливо, декарбонизация, очистка сточных вод, сельскохозяйственные отходы, микроэлементы, циклическая экономика.

Abstract. *Microalgae are microscopic algae ranging in size from a few micrometers to several hundred micrometers. On average, half of the oxygen in the atmosphere is formed as a result of photosynthesis of microalgae, so the role of these microorganisms in the life cycle of the planet is very significant. Limited availability of natural resources and fossil fuel reserves is insufficient to meet the needs of a growing population. As a result, the need for renewable energy sources for sustainable energy production is increasing. Microalgae have recently attracted a lot of*

attention, given their diverse applications and potential for sustainable energy production. Microalgae are able to absorb atmospheric carbon dioxide through photosynthesis, which makes them ideal candidates for the production of sustainable biofuels and are considered an environmentally friendly alternative to fossil fuels. In addition, microalgae have a wide range of applications in the food and nutraceutical industries, as they are rich in proteins, vitamins, and minerals, making them an excellent source of dietary supplements and animal feed. In this article, we focused on the selection of optimal conditions and the selection of strains for microalgae cultivation, the use of microalgae in wastewater treatment, biofuel production, decarbonization, promising areas of biofuel production using agricultural waste and the possibility of switching to a cyclical green economy. This article compares the approaches of domestic and foreign authors to the study of the potential and applications of microalgae.

Keywords: *microalgae, biofuels, decarbonization, wastewater treatment, agricultural waste, trace elements, cyclical economy.*

Цель исследования.

Анализ литературных источников с целью изучения культивирования микроводорослей и их применения для декарбонизации, в решении проблем экологии, биоэнергетике и циклической экономике.

Материалы и методы.

В работе использованы теоретические методы исследования, такие как: систематический обзор и сравнительные исследования отечественных и зарубежных авторов из различных баз данных, электронных библиотек, таких как КиберЛенинка, PubMed, ScienceDirect, eLIBRARY и др. Критерии включения источников охватывают публикации за последние пять лет.

Введение.

Проблема увеличения содержания углекислого газа (CO_2) в атмосфере представляет собой серьезную экологическую угрозу, связанную с глобальным потеплением [1]. На протяжении нескольких последних лет выбросы углекислого газа выросли более чем на 50 % и продолжают увеличиваться, это в большей степени связано с применением ископаемого топлива, интенсификацией промышленности и животноводства. Данные мировые тенденции ведут к серьезным экологическим проблемам, в том числе глобальному потеплению приводящему к изменению климата и ухудшению окружающей среды [19]. Микроводоросли, как одни из фотосинтезирующих микроорганизмов, способны прорабатывать углекислый газ из окружающей среды. Конверсия углерода у водорослей выше на 50% чем у наземных растений. Кроме переработки оксида углерода, микроводоросли начали использоваться в производстве биотоплива, а их биомасса является перспективным способом восполнения протеина и получения биологически активных веществ, применяемых в различных направлениях промышленности [13]. Так же микроводоросли являются важным биотехнологическим объектом за счет высокой скорости увеличения биомассы и способности роста на широком спектре питательных сред в том числе некоторые виды отходов [3, 12]. В отличие от традиционных ископаемых топлив, на химический состав биомассы, выступающей сырьем для получения биотоплив, можно повлиять на стадии ее роста за счет изменения условий культивации [5, 14]. В лабораториях разрабатываются за счет изменения PH, температуры, питательных сред, способов подачи газов новые способы культивирования, для получения штаммов микроводорослей, устойчивых к высоким концентрациям оксида углерода и его переработке [18]. Существует интерес к использованию микроводорослей для удаления питательных веществ из сточных вод [9]. Применение микроводорослей для очистки сточных вод является одним из перспективных направлений, что связано с биотрансформацией органических веществ, в частности спиртов, кислот, альдегидов, пептидов, углеводов и азот содержащих веществ таких как амины, аминокислоты, аммиак. Так же микроводоросли преобразуют содержащиеся в сточных водах ионы калия, кальция и фосфаты [15].

Результаты и обсуждения.

Основываясь на проведенном анализе литературных источников, микроводоросли представляют собой многообещающую альтернативу для решения проблем изменения климата, энергетической безопасности и загрязнения, [4] делают их ценными в различных экологических программах. В данном обзоре приводится ряд исследований, проведенных отечественными и зарубежными учеными, с целью определения перспективных направлений использования микроводорослей в современном мире.

Культуры микроскопических водорослей, которые обычно выделяют из окружающей среды или получают в лабораторных условиях, использовали в качестве экспериментальных исследований по утилизации CO_2 в Пермском национальном исследовательском политехническом университете. Главным критерием эксперимента было сравнение разнообразных культур микроводорослей: соединение сине-зеленых микроводорослей (цианобактерий) и частых включений колоний зеленых микроводорослей с нитями грибов, полученных из лишайников; микроводоросли, выращенные в лабораторных условиях путем длительного приспособления к питательной среде Тамия при комнатных условиях; зеленые микроводоросли различных видов, выделенные из природного пресного водоема; штамм микроводоросли рода *Chlorella*, выращенный из готового биопрепарата и показавший наилучшие результаты на основании предыдущих исследований. На основании проведенных экспериментальных исследований были выявлены закономерности по адаптации объектов исследования к увеличению концентрации углекислого газа, так и по определению наиболее эффективной культуры. Лучшие результаты по

биофиксации углерода показали микроводоросли, выделенные из природного пресного водоема. В процессе культивирования растительная биомасса увеличилась в восемь раз и составила 0,809 ед., по сравнению с начальной биомассой (0,1 ед.) [17].

В ООО «ЛИНК» разработан эффективный способ культивирования микроводорослей *Chlorella kessleri* (далее *C. kessleri*), поглощающих CO_2 из различных источников с максимальным потенциалом по получению липидного масла, являющегося биокомпонентом для биотоплив. Результаты экспериментов показали, что оптимальными условиями, необходимыми для максимального прироста биомассы микроводоросли *C. kessleri* и, следовательно, максимального поглощения CO_2 являются: pH – 8,0±0,5; интенсивность освещения – 2700±200 Лк; температура – 28±2°C; аэрация – не менее 1,2-1,8 л/мин; питательная среда с концентрацией KNO_3 – 0,2 г/л. Максимальная суточная скорость поглощения CO_2 – 0,156 г/л. Продолжительность культивирования – 12-13 сут. Максимальный суточный утилизированный объём CO_2 – 8,125 л при 26-30°C и освещённости 2700±200 Лк. В предложенных условиях максимальное поглощение CO_2 микроводорослями *C. kessleri* происходит в период фазы их экспоненциального роста (12-13 сутки). Выращенные микроводоросли способны поглощать газы с высоким содержанием CO_2 (более 25%) при интенсивном барботировании. Процесс культивирования предпочтительно проводить в стрессовых условиях для получения биомассы *C. kessleri* с большим содержанием липидов, рекомендованной для получения биодизеля [16].

ООО «РИТЭК» предложена новая комплексная технология утилизации дымовых газов с помощью микроводорослей и переработки биомассы микроводорослей в бионефть. Впервые проведены исследования устойчивости к реальным дымовым газам различных штаммов микроводорослей. Эксперименты проводились со следующими штаммами микроводорослей: *Chlorella vulgaris, Chlorella ellipsoidea, Elliptochoris subsphaerica, Gloeotila pulchra, Arthrospira platensis rsemsu P Bios*. Показано, что все выбранные штаммы жизнеспособны при выращивании их в атмосфере дымовых газов. Максимальный показатель жизнеспособности был получен для штаммов хлореллы (*C. vulgaris* и *C. ellipsoidea*), далее по этой характеристике идут *E. Subsphaerica* и *G. Pulchra*, наименьший – у *A. platensis*. Впервые из биомассы микроводорослей, выращенных при повышенных концентрациях CO_2, была получена бионефть методом гидротермального сжижения. Для пробного получения бионефти была наработана биомасса *Arthrospira platensis*. Выход бионефти составил около 20 %. При этом содержание углерода в бионефти значительно меньше содержания углерода в обычной нефти, а содержание кислорода в бионефти значительно превышает аналогичный показатель для традиционной нефти. Это приводит к относительно невысокой удельной теплоте сгорания бионефти (34.4 МДж/кг) по сравнению с традиционной нефтью (43 МДж/кг) [10].

В Федеральном университете Висозы: Висоза, штат Минас-Жерайс, Бразилия, проводился пилотный эксперимент, в котором оценивалось влияние смешивания городских сточных вод с промышленными сточными водами в различных соотношениях на производство биомассы, биохимический состав и удаление загрязняющих веществ. Эксперименты проводились в открытых прудах с высоким содержанием водорослей. Предыдущие исследования рассматривали сточные воды из одного источника. Такой подход игнорирует тот факт, что муниципальные сточные воды обычно имеют низкое соотношение углерода и азота (C/N), что может ограничивать рост водорослей. Для повышения соотношения C/N широко использовалось добавление CO_2. Однако такие проблемы, как низкая растворимость CO_2 в воде и высокие затраты, связанные с эффективными системами доставки, ограничивают его эффективность. Одним из перспективных вариантов является смешивание сточных вод, которое позволяет естественным образом регулировать соотношение питательных веществ и увеличивать доступность углерода без использования внешних источников CO_2. Помимо количества биомассы, решающую роль в определении потенциала микроводорослей для производства биотоплива играет биохимический состав, в частности липиды и углеводы. Их накопление обычно стимулируется такими стратегиями, как ограничение питательных веществ, корректировка условий культивирования (например, интенсивность света, подача CO_2) и воздействие стрессовых факторов окружающей среды (например, соленость, температура). Смешивание сточных вод предлагает практический способ стимулирования этих изменений за счет использования разнообразия органических и питательных веществ, присутствующих в различных типах сточных вод [8].

В Технологическом университете имени Бабола Ноширвани, Бабол, Иран, проводились исследования по повышению эффективности производства биотоплива на основе микроводорослей, очистки сточных вод и получения биопродуктов. В настоящем исследовании изучалось повышение эффективности *Chlorella sorokiniana* за счет синергетического эффекта добавления железа (6 мг/л) и цинка (0,5 мг/л) в реальные муниципальные сточные воды. Было установлено, что при внесении Fe/Zn концентрации липидов увеличивалась с 25 до 33 % сухой массы, при сохранении показателей по содержанию белка и углеводов, производство биомассы увеличено до 72% (с 1,1 до 1,9 г/л). Кроме того, значительно увеличилась способность к поглощению питательных веществ из сточных вод. Обогащение сточных вод микроводорослей комбинацией Fe и Zn в соответствующей дозировке является перспективным подходом для улучшения характеристик микроводорослей, в частности, для увеличения количества и качества производимого биотоплива [6].

В Институте биотехнологии Амити, Университет Амити, штат Уттар-Прадеш, Индия проведено исследование и предложена разработка усовершенствованного процесса на основе микроводорослей для обработки отработанных отходов спиртового производства, извлечения биомассы для производства биодизеля и использования остатков водорослей в качестве шага к управлению отходами. Новая микроводоросль *Coelastrella sp KJ-04*, выращенная в отработанных отходах спиртового производства, показала высокую биомассу (4,61 г/л) и производство липидов (3,6 г/л). Обезжиренная биомасса (ООБ) была использована для синтеза целлюлозных нановолокон (ЦНВ), очищенных и оцененных по диаметру в диапазоне от 20 до 27 нм. В ходе этой беспрецедентной работы был продемонстрирован подход к биопереработке с использованием микроводорослей для очистки отработанных сточных вод, синтеза биодизеля и одновременного производства биоразлагаемых целлюлозных нановолокон из остатков водорослей, что позволит внедрить безотходные технологии. В будущем целлюлозные нановолокна можно будет использовать в качестве армирующего материала для бетона, поскольку они могут стать разумной альтернативой синтетическим цементным пластикам [7].

В исследовании, проведенном в отделе биотехнологии и нанотехнологий водной среды, Центральном научно-исследовательском институте внутренних рыбных ресурсов ICAR, Барракпор, Калькутта, Западная Бенгалия, Индия был протестирован экстракт вермикомпоста в качестве источника питательных веществ для повышения показателей роста и производства липидов пресноводной микроводоросли (*Graesiella emersonii MN877773*). Садовые отходы сначала были переработаны в вермикомпост, и был приготовлен его экстракт (полученный аэробным и анаэробным способом). Затем эффективность экстракта была протестирована в сочетании со средой BG11. Миксотрофное культивирование микроводорослей в анаэробно переработанном экстракте вермикомпоста в соотношении 50:50 с питательной средой BG11 увеличило биомассу клеток (0,64 г сухого веса/л) и продуктивность липидов (3,18 мг/л / сут) микроводорослей в два раза. Кроме того, комбинация также улучшила содержание насыщенных (метилпальмитат) и мононенасыщенных жирных кислот (олеиновая кислота) в исследуемых водорослях. Качество биодизеля также соответствует всем свойствам стандартов биодизеля, установленных в Индии, США и Европе, за исключением способности к засорению холодного фильтра. Было также установлено, что комбинация улучшает биомассу клеток (0,041 г/л) по сравнению с питательной средой BG11 при массовом культивировании. Таким образом, исследование доказало, что *G. emersonii*, выращенный в среде, дополненной экстрактом вермикомпоста на основе садовых отходов, обладает значительным потенциалом для массового производства биодизеля и биопродуктов [2].

В работе Казанского (Приволжского) федерального университета, проведены работы по оценке некоторых штаммов зеленых водорослей *Chlorophyta* к росту и изменению биомассы с использованием питательной среды с использованием анаэробного дигестата. Установлено, что разбавленный дигестат полученный при обработке отходов пищевой и сельскохозяйственной отрасли в анаэробных условиях с добавлением фосфатов и сульфатов, может быть использован в качестве питательной среды для штаммов микроводорослей семейств *Chlorellaceae, Scenedesmaceae* и *Neochloridaceae*, которые были получены из водоёмов города Казани. Использования в качестве основного поставщика азота ионов аммония из анаэробного дигестата удовлетворяет питательным потребностям большинства микроводорослей, а предварительная подготовка дигестата центрифугированием и разбавлением стерильной водой позволяет нивелировать ограничение по свету на рост микроводорослей и убрать твердые частицы и отделить большинство микроорганизмов из дигестата. Наиболее эффективное увеличение биомассы установлено у представителей семейства *Chlorellaceae*. Важно, что отдельные штаммы зеленых водорослей способны быстро подстраиваться к повышению концентрации анаэробного дигестата в питательной среде и проводить конверсию в белковую биомассу. Данные исследования позволяют получать биомассу водорослей с использованием дигестата анаэробных реакторах как основы питательной среды для снижения затрат на культивирование и переработки побочных продуктов анаэробной конверсии отходов [11].

Заключение.

В данном обзоре рассмотрены некоторые варианты культивирования и применения микроводорослей, на основании которых можно сделать следующие выводы. Наиболее эффективными по переработке углерода оказались микроводоросли, выделенные из природного пресного водоема. Найден эффективный способ культивирования *Chlorella kessleri*, поглощающих CO_2 из различных источников, с максимальным потенциалом по получению липидного масла, являющегося биокомпонентом для биотоплив. Также было выявлено, что процесс культивирования предпочтительно проводить в стрессовых условиях для получения большего объема биомассы. Проведены исследования устойчивости микроводорослей к реальным дымовым газам. Наибольшей жизнеспособностью обладали штаммы хлореллы (*C. vulgaris* и *C. ellipsoidea*). Экспериментально было доказано, что смешивание городских сточных вод с промышленными сточными водами в определенных соотношениях увеличивает производство биомассы, улучшает биохимический состав и удаление загрязняющих веществ. Обогащение сточных вод микроводорослей комбинацией Fe и Zn в соответствующей дозировке является перспективным подходом для улучшения характеристик микроводорослей *Chlorella sorokiniana*,

в частности, для увеличения количества и качества производимого биотоплива. Найден подход к биопереработке с использованием новой микроводоросли *Coelastrella sp KJ-04*, производимые на отходах спиртового производства, частичных фильтратах сточных вод, производства биодизеля и биополимеров на основе целлюлозных нановолокон из остатков водорослей, что позволяет зациклить технологический цикл уменьшив выброс отходов. Пресноводная микроводоросль *Graesiella emersonii MN877773*, выращенная в среде, дополненной экстрактом вермикомпоста на основе садовых отходов, обладает значительным потенциалом для массового производства биодизеля и биопродуктов. Проведена оценка штаммов *Chlorophyta* по показателям роста, увеличения биомассы, с использованием анаэробного дигестата для оптимизации затрат и утилизации отходов. В заключение можно сказать, что способность одновременно генерировать энергию, чистую воду и перерабатываемые материалы делают микроводоросли перспективной технологией для устойчивого развития XXI века.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Carbon dioxide utilization using Chlorella microalgae / N. Politaeva, I. Ilin, K. Velmozhina, P. Shinkevich // Environments. — 2023. — Vol. 10, iss. 7. — Article. 109. — DOI 10.3390/environments10070109.
2. Cultivation of microalgae on food waste: Recent advances and way forward / K. Yogesh, K. Samandeep, K. Ankan [et al.] // Bioresource Technology. – 2022. – Vol. 363. – Article 127834. - DOI: 10.1016/j.biortech.2022.127834
3. Kayumova, I. Wastewater treatment using microalgae: mini review / I. Kayumova, G. Kadirova, Sh. Komolova // Universum: chemistry and biology. - 2023. - № 11-2(113). - P. 42-46. - DOI 10.32743/UniChem.2023.113.11.16096.
4. Microalgae on distillery wastewater treatment for improved biodiesel production and cellulose nanofiber synthesis: A sustainable biorefinery approach / S. Vasistha, D. Balakrishnan, A. Manivannan, M.P. Rai // Chemosphere. - 2023. -Vol. 315. – Article 137666. - URL: https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.137666
5. Naselli-Flores, L. Ecosystem services provided by marine and freshwater phytoplankton / L. Naselli-Flores, J. Padisák // Hydrobiologia. - 2023. - №. 12. P. 2691–2706. URL: https://doi.org/10.1007/s10750-022-04795-y
6. Palandi, Z. K. Enhancing microalgae-based biofuels production, wastewater treatment and bio-products generation by synergistic effect of iron and zinc addition to real municipal wastewater / Z.K. Palandi, M. Taghavijeloudar. // Journal of environmental management. - 2024. – Vol. 370. – Article 122350. - URL: https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.122350
7. Pilot-Scale cultivation of microalgae in blended effluents: C/N ratio management to boost biomass and biofuel precursors / A.S.A.P. Pereira, T.A. Silva, I.B. Magalhães [et al.] // Journal of Environmental Chemical Engineering. - 2025. - Vol. 13, Iss. 6. - Article 119910. - URL: https://doi.org/10.1016/j.jece.2025.119910
8. Progress in microalgae application for CO_2 sequestration / O.I. Joshua, D. Kanika, B.K. Setyo [et al.] // Cleaner Chemical Engineering. – 2022. – Vol. 3. – P. 1–15. - DOI: 10.1016/j.clce.2022. 100044
9. Recent advances in CO_2 fixation by microalgae and its potential contribution to carbon neutrality / X. Peilun, L. Jun, Q. Jun [et al.] // Chemosphere. – 2023. – Vol. 319. – Article 137987. - DOI: 10.1016/j.chemosphere.2023.137987
10. Sustainable biodiesel production from microalgae Graesiella emersonii through valorization of garden wastes-based vermicompost / V. Santhana Kumar, S. Das Sarkar, B.K. Das [et al.] // The Science of the total environment. - 2022. – Vol. 807, Part. 3, Article 150995. - URL: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150995
11. Synergistic effects of nitrogen deprivation and high irradiance to enhance biomass and lipid production in Nannochloropsis / N. Mishra, P. Mishra, E. Gupta, P. Singh // Journal of microbiology, biotechnology and food sciences. - 2023. - Vol. 12, № 6. Article 3632. URL: https://doi.org/10.55251/jmbfs.3632
12. Базарнов Е. В., Богомолов А. Ю. Проточная фотометрическая ячейка для онлайн-определения содержания биомассы микроводоросли Nannochloropsis sp. в культуральной среде // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. – 2025. – Т. 25. № 3. – С. 254-263 [Электронный ресурс]. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/protochnaya-fotometricheskaya-yacheyka-dlya-onlayn-opredeleniya-soderzhaniya-biomassy-mikrovodorosli-nannochloropsis-sp-v
13. Гурбанова Г.А., Джумадурдыева Г. Методика использования микроводорослей для очистки сточных вод промышленных предприятий // Вестник Сыктывкарского университета. Серия 2: Естествознание. Медицина. – 2024. – № 1(29). – С. 77-80. – DOI 10.34130/2306-6229-2024-1-77
14. Скрининг микроводорослей Chlorophyta, способных к росту на жидких отходах производства / Э. Э. Зиганшина, С. С. Булынина, К. А. Юрьева [и др.] // Биохимия, физиология и биосферная роль микроорганизмов: VIII Пущинская конференция, Генетические технологии в микробиологии и микробное разнообразие: школа-конференция молодых ученых, аспирантов и студентов: сборник тезисов докладов. – М.: ООО «Издательство ГЕОС», 2022. – С. 39-40.
15. Ильвицкая С. В., Чистякова А.Г. Применение микроводорослей в биоэнергетике с использованием технологии улавливания и хранения углерода // Международный научно-исследовательский журнал. – 2021. –

№11(113). – С. 101-104 [Электронный ресурс]. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-mikrovodorosley-v-bioenergetike-s-ispolzovaniem-tehnologii-ulavlivaniya-i-hraneniya-ugleroda

16. Нургалиев Р. Г. Технология утилизации дымовых газов с помощью микроводорослей и переработки биомассы микроводорослей в бионефть // Промышленная политика, энергетика и цифровизация: теория и практика трансформации: мат. III Междунар. науч.-практ. конф. – Волгоград: Волжский институт экономики, педагогики и права, 2024. – С. 12-21. - DOI 10.46920/2409 5516_2024_1192_28

17. Оценка эффективности биофиксации углерода различными культурами микроводорослей / Е. С. Белик, А. С. Соловьева, С. М. Мактиева [и др.] // BIOAsia-Altai. – 2024. – Т. 4. № 1. – С. 381-384 [Электронный ресурс]. URL: https://journal.asu.ru/bioasia/article/view/16456.

18. Усманов М. Р., Валеев С. Ф., Носова Ю. Е. Культивирование микроводорослей для использования в качестве биокомпонента топлива // Нефтепереработка и нефтехимия. Научно-технические достижения и передовой опыт. – 2023. – № 11-12. – С. 62-64.

19. Царева Е. А., Давлятшина М. З., Бахарев В. В. Экспериментальное моделирование роста микроводорослей Chlorella vulgaris на различных питательных средах // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Химическая технология и биотехнология. – 2025. – № 2. – С. 5-20. - DOI 10.15593/2224-9400/2025.2.01.

References

1. Carbon dioxide utilization using Chlorella microalgae / N. Politaeva, I. Ilin, K. Velmozhina, P. Shinkevich // Environments. — 2023. — Vol. 10, iss. 7. — Article 109. — DOI 10.3390/environments10070109.

2. Cultivation of microalgae on food waste: Recent advances and way forward / K. Yogesh, K. Samandeep, K. Ankan, [et al.]// Bioresource Technology. – 2022. – Vol. 363. – Article 127834. - DOI: 10.1016/j.biortech.2022.127834

3. Kayumova, I. Wastewater treatment using microalgae: mini review / I. Kayumova, G. Kadirova, Sh. Komolova // Universum: chemistry and biology. – 2023. – No. 11-2(113). – P. 42-46. - DOI 10.32743/UniChem.2023.113.11.16096.

4. Microalgae on distillery wastewater treatment for improved biodiesel production and cellulose nanofiber synthesis: A sustainable biorefinery approach / S. Vasistha, D. Balakrishnan, A. Manivannan, M.P. Rai // Chemosphere. - 2023. -Vol. 315. – Article 137666. - URL: https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.137666

5. Naselli-Flores, L. Ecosystem services provided by marine and freshwater phytoplankton / L. Naselli-Flores, J. Padisák // Hydrobiologia. - 2023. - №. 12. P. 2691–2706. – URL: https://doi.org/10.1007/s10750-022-04795-y

6. Palandi, Z. K. Enhancing microalgae-based biofuels production, wastewater treatment and bio-products generation by synergistic effect of iron and zinc addition to real municipal wastewater. / Z.K. Palandi, M. Taghavijeloudar. // Journal of environmental management. - 2024. – Vol. 370. – Article 122350. - URL: https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.122350

7. Pilot-Scale cultivation of microalgae in blended effluents: C/N ratio management to boost biomass and biofuel precursors. / A.S.A.P. Pereira, T.A. Silva, I.B. Magalhães [et al.] // Journal of Environmental Chemical Engineering. - 2025. - Vol. 13, Iss. 6. – Article 119910. - URL: https://doi.org/10.1016/j.jece.2025.119910

8. Progress in microalgae application for CO2 sequestration / O.I. Joshua, D. Kanika, B.K. Setyo, [et al.] // Cleaner Chemical Engineering. – 2022. – Vol. 3. – P. 1–15. - DOI: 10.1016/j.clce.2022. 100044

9. Recent advances in CO2 fixation by microalgae and its potential contribution to carbon neutrality / X. Peilun, L. Jun, Q. Jun, [et al.] // Chemosphere. – 2023. – Vol. 319. – Article 137987. - DOI: 10.1016/j.chemosphere.2023.137987

10. Sustainable biodiesel production from microalgae Graesiella emersonii through valorization of garden wastes-based vermicompost / V. Santhana Kumar, S. Das Sarkar, B.K. Das [et al.] // The Science of the total environment. - 2022. – Vol. 807, Part. 3, Article 150995. – URL: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150995

11. Synergistic effects of nitrogen deprivation and high irradiance to enhance biomass and lipid production in Nannochloropsis / N. Mishra, P. Mishra, E. Gupta, P. Singh // Journal of microbiology, biotechnology and food sciences. - 2023. - Vol. 12, № 6. Article 3632. URL: https://doi.org/10.55251/jmbfs.3632

12. Bazarnov E. V., Bogomolov A. Yu. Flow-through photometric cell for online determination of biomass content of microalgae Nannochloropsis sp. in a culture medium // Bulletin of Saratov University. New series. Series: Chemistry. Biology. Ecology. - 2025. - Vol. 25. No. 3. - Pp. 254-263 [Electronic resource]. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/protochnaya-fotometricheskaya-yacheyka-dlya-onlayn-opredeleniya-soderzhaniya-biomassy-mikrovodorosli-nannochloropsis-sp-v

13. Gurbanova G. A., Dzhumadurdyeva G. Methodology for using microalgae for wastewater treatment of industrial enterprises // Bulletin of Syktyvkar University. Series 2: Natural Science. Medicine. – 2024. – No. 1(29). – P. 77-80. – DOI 10.34130/2306-6229-2024-1-77

14. Screening of Chlorophyta microalgae capable of growth on liquid industrial waste / E. E. Ziganshina, S. S. Bulynina, K. A. Yuryeva [et al.] // Biochemistry, physiology and biosphere role of microorganisms: VIII Pushchino Conference, Genetic technologies in microbiology and microbial diversity: school-conference of young scientists, graduate students and students: collection of abstracts. – Moscow: OOO Izdatelstvo GEOS, 2022. – P. 39-40.

15. Ilvitskaya S. V., Chistyakova A.G. Application of microalgae in bioenergy using carbon capture and storage technology // International Research Journal. - 2021. - No. 11 (113). - P. 101-104 [Electronic resource]. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-mikrovodorosley-v-bioenergetike-s-ispolzovaniem-tehnologii-ulavlivaniya-i-hraneniya-ugleroda

16. Nurgaliev R. G. Technology of flue gas utilization using microalgae and processing of microalgae biomass into bio-oil // Industrial policy, energy and digitalization: theory and practice of transformation: materials of the III International scientific and practical conference. - Volgograd: Volzhsky Institute of Economics, Pedagogy and Law, 2024. - P. 12-21. - DOI

10.46920/2409 5516_2024_1192_28

17. Evaluation of the efficiency of carbon biofixation by different microalgae cultures / E. S. Belik, A. S. Solovieva, S. M. Maktieva [et al.] // BIOAsia-Altai. - 2024. - Vol. 4. No. 1. - Pp. 381-384 [Electronic resource]. URL: https://journal.asu.ru/bioasia/article/view/16456.

18. Usmanov M. R., Valeev S. F., Nosova Yu. E. Cultivation of microalgae for use as a fuel biocomponent // Oil refining and petrochemistry. Scientific and technical achievements and best practices. - 2023. - No. 11-12. – P. 62-64.

19. Tsareva E. A., Davlyatshina M. Z., Bakharev V. V. Experimental modeling of the growth of Chlorella vulgaris microalgae on various nutrient media // Bulletin of Perm National Research Polytechnic University. Chemical technology and biotechnology. – 2025. – No. 2. – P. 5-20. - DOI 10.15593/2224-9400/2025.2.01.

10.52671/26867591_2026_1_161
УДК 619:616.995.132.2

ВОЗРАСТНАЯ ДИНАМИКА ЗАРАЖЕНИЯ ОВЕЦ ТРИХОСТРОНГИЛИДОЗАМИ НА ПАСТБИЩАХ РАВНИННОГО ПОЯСА ДАГЕСТАНА

ЗУБАИРОВА М.М., д-р биол. наук, профессор
ГУНАШЕВ Ш.А., канд. ветеринар. наук, доцент
ФГБОУ ВО Дагестанский ГАУ, г. Махачкала, Россия

AGE-RELATED DYNAMICS OF SHEEP TRICHOSTRONGYLOIDOSIS INFECTION ON THE PASTURES OF DAGESTAN'S PLAIN BELT

ZUBAIROVA M.M., Doctor of Biological Sciences, Professor
GUNASHEV S.A., Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor
Dagestan State Agrarian University, Makhachkala, Russia

Аннотация. В статье представлена возрастная динамика заражения овец трихостронгилидозами в условиях равнинного пояса Дагестана на разных типах пастбищ – низинных увлажненных, степных и полупустынных, солончаковых. У всех возрастных групп овец регистрируется высокая инвазированность (ЭИ до 92%). В фауне зарегистрировано 24 вида трихостронгилид, где доминируют роды *Trichostrongylus, Haemonchus, Nematodirus*. На низинных увлажненных, степных пастбищах ягнята инвазированы 16 видами - ЭИ до 25,0%, ИИ 3-109; соответственно, овцы от одного года до двух лет 24 - до 40,0% и 2-2670; от двух лет и старше 20 - до 40,0% и 2-147 экз. Молодняк до одного года инвазирован 6 видами на полупустынных, солончаковых пастбищах - ЭИ до 10%, ИИ 7-48 экз., соответственно, овцы от одного года до двух лет – 9 до 20,0% и 2-23 экз., взрослые животные – 8 до 20,0% и 2-17 экз. Основные виды трихостронгилид – *Trichostrongylus axei, T. vitrinus, Haemonchus contortus, Nematodirus spathiger* отмечены на всех типах пастбищ. Однако их численность и интенсивность инвазии варьируют в зависимости от возраста животных и контакта с неблагополучными пастбищами. На низинных увлажненных пастбищах количественные и качественные показатели зараженности у овец выше, чем на полупустынных и солончаковых. Это обусловлено экологическими факторами, такими как высокая температура и низкая влажность воздуха, которые негативно влияют на развитие инвазии во внешней среде. Полученные данные позволяют разработать эффективные меры профилактики и борьбы с трихостронгилидозами, что важно для снижения экономических потерь и повышения продуктивности овцеводства в регионе.

Ключевые слова: трихостронгилиды, трихостронгилоидоз, нематодироз, остартагиоз кооперіоз, гемонхоз, маршаллагиоз, инвазия, экстенсивность, интенсивность, гельминт.

Abstract. *The article presents the age dynamics of sheep infection with trichostrongylidosis in the conditions of the lowland belt of Dagestan on different types of pastures — lowland moist, steppe and semi-desert, and saline. All age groups of sheep are recorded to have a high infection (EI up to 92%). In the fauna, 24 species of trichostrongylids are recorded, where the genera Trichostrongylus, Haemonchus, Nematodirus dominate. In low-lying, moist, steppe pastures, lambs are infected with 16 species, with an EI of up to 25,0% and an AI of 3-109; respectively, sheep from one to two years old are infected with 24 species, with an EI of up to 40,0% and an AI of 2-2670; and sheep from two years old and older are infected with 20 species, with an EI of up to 40,0% and an AI of 2-147. Young animals under one year of age are infected with 6 species in semi-desert and saline pastures, with an infection rate of up to 10% and an infection index of 7-48, respectively. Sheep between one and two years of age are infected with 9-20% and 2-23 species, respectively, while sheep two years of age and older are infected with 8-20% and 2-17 species, respectively. The main species of Trichostrongylidae are Trichostrongylus axei, T. vitrinus, Haemonchus contortus, and Nematodirus spathiger, which are found in all types of pastures. However, their numbers and intensity of infestation vary depending on the age of the animals and their contact with unfavorable pastures. In low-lying, moist pastures, the quantitative and qualitative indicators of infestation in sheep are higher than in semi-desert and saline pastures. This is*

due to biotic factors such as high temperatures and low humidity, which negatively affect the development of infestation in the external environment. The data obtained make it possible to develop effective measures for the prevention and control of trichostrongylidosis, which is important for reducing economic losses and increasing the productivity of sheep farming in the region.

***Keywords**: trichostrongylides, trichostrongylidosis, nematodiasis, ostertagia, cooperiasis, hemonchosis, marshallagia, invasion, extensiveness, intensity, helminth.*

Введение. Трихостронгилидозы среди овец в равнинном Дагестане являются наиболее распространенными представителями подотряда *Strongylata* Raillietet et Henry 1913. В условиях равнинного пояса зарегистрированы: трихостронгилоидоз, вызываемый пятью видами трихостронгиллид, нематодироз – семью видами, остартагиоз – шестью, кооперироз – тремя, гемонхоз – одним, а маршаллагиоз – двумя видами. Экстенсивность инвазии (ЭИ) трихостронгилидозов у овец колеблется в пределах 48,0-92,0 %, при этом интенсивность инвазии (ИИ) составляет от 2 до 2670 экз. Часто наблюдаются высокие показатели инвазии у овец при нематодирозах, трихостронгилидозе и гемонхозе [3-13].

Возбудители указанных заболеваний паразитируют в сычуге и в тонком кишечнике овец, вызывая энтериты, кишечные расстройства, нарушение обмена веществ. Особенно подвержен трихостронгилидозам молодняк, что ведет к ослаблению организма и снижению его устойчивости к заболеваниям.

Трихостронгилидозы у овец из-за сложности диагностики представляет собой серьезную проблему, поскольку они приводят к экономическим потерям в животноводстве. Представители родов *Trichostrongylus* и *Haemonchus* относятся к группе антропозоонозов и представляют угрозу для человека.

При лабораторном диагностировании трихостронгилидозов яйца гельминтов культивируются в специальных условиях в течение 5 дней, после чего проводится микроскопическое исследование, позволяющее дифференцировать личинки разных видов по особенностям строения тела, количеству и расположению кишечных клеток. Однако определение вида исключительно по яйцам только для представителей рода Nematodirus.

Трихостронгилидозы часто встречаются в множественных инвазиях у овец в кишечнике - хабертии, буностомы, мониезии, авителлины, тизаниезии, эзофагостомы, где паразитируя приводят к выраженным патологическим изменениям тканей пищеварительного тракта, порой приобретающим необратимый характер [1,2,15].

Изучение возрастной динамики заражения позволяет разработать эффективные меры профилактики и борьбы с трихостронгилидозами.

Материалы и методы исследований. Материал для исследования был собран в период с 2016 по 2023 гг. В ходе исследований проанализировано 90 комплектов желудочно-кишечного тракта овец различных возрастных групп: молодняк до одного года, от одного года до двух лет и взрослые животные - два года и старше. Проведены обследования методом копроовоскопии – всего обработано около 120 образцов фекальных масс овец разного возраста на разных типах пастбищ равнинного пояса. В работе использовались следующие методики: полное гельминтологическое вскрытие согласно методике К.И. Скрябина; флотация в растворе азотнокислого аммония высокой концентрации; метод Бермана–Орлова; культивация личинок в лабораторных условиях при температуре +27 °С [14].

Результаты исследований. Все возрастные группы овец – молодняк до одного года, от одного года до двух лет, овцы старше двух лет инвазированы трихостронгилидами в равнинном поясе Дагестана. Видами семейства *Trichostrongylidae* Leiper, 1912 животные инвазируются во время выпаса и вблизи мест водопоя.

Инвазированность овец трихостронгилидами зависит от их возраста, условий содержания, численности перезимовавших личинок и контактов с неблагополучными пастбищами. Овцематок выпасают с ягнятами на пастбищах в весенний период, что приводит к массовому заражению трихостронгилидами в мае. В годы с холодной зимой, при температуре до -16^{0}С, к весне сохраняется небольшое количество инвазионных личинок. Возрастные показатели инвазированности овец трихостронгилидами обусловлены экологическими факторами [15].

Инвазированность овец разных возрастов трихостронгилидами на низинных увлажненных и степных пастбищах равнинного пояса Дагестана представлена в таблице 1.

Ягнята в первом году жизни заражены 16 видами трихостронгилид ЭИ 5,0-25,0%, при ИИ 3-109 экз. (табл. 1). Суммарная зараженность ягнят трихостронгилидами ЭИ 72,0%, а ИИ 3-109 экз. Высокие показатели инвазированности у ягнят выявлены у родов *Trichostrongylus, Haemonchus, Nematodirus* - ЭИ 15,0–25,0 %, ИИ 23–109 экз. У видов *M. schikhobalovi, O. ostertagi, C. punctata* отмечаются ограниченные показатели: ЭИ 5,0–10,0 % и ИИ 3–18 экз. На протяжении всего исследованного периода у ягнят выявлена зараженность трихостронгилидами, а также отмечались колебания показателей экстенсивности (ЭИ 5,0–25,0 %) и интенсивности инвазии (ИИ 3–109 экз.).

Видовой состав трихостронгилид у овец от одного года до двух лет представлен 24 видами, ЭИ 5,0-40,0% и ИИ 2-2670 экз. Общая зараженность молодняка трихостронгилидами от одного года до двух лет составляет до 92,0%, при интенсивности инвазии 2-2670 экз. На втором году жизни завершается формирование гельминтофаунистического комплекса трихостронгилид в условиях равнинного пояса Дагестана.

Таблица 1 - Возрастные особенности заражения овец трихостронгилидами на низинных увлажненных и степных пастбищах равнинного пояса Дагестана

№	Вид гельминта	Молодняк до 1 года – 20 гол			Молодняк от 1 до 2 лет – 20 гол			Взрослые животные – 20 гол		
		Заражено		ИИ, экз. мин.-макс.	Заражено		ИИ, экз. мин.-макс.	Заражено		ИИ, экз. мин.-макс.
		число	%		Число	%		число	%	
1	*Trichostrongylus axei*	4	20,0	11-87	7	35,0	32-126	5	25,0	27-109
2	*T. capricola*	2	10,0	8-31	4	20,0	20-48	3	15,0	18-27
3	*T. colubriformis*	3	15,0	10-28	5	25,0	17-38	3	15,0	14-30
4	*T. skrjabini*	-	-	-	1	5,0	4-9	1	5,0	3-8
5	*T. vitrinus*	4	20,0	23-109	7	35,0	47-118	6	30,0	28-92
6	*Ostertagia ostertagi*	2	10,0	9-35	3	15,0	19-47	2	10,0	14-33
7	*O. leptospicularis*	-	-	-	1	3,3	6	-	-	-
8	*O. antipini*	-	-	-	1	5,0	3-8	1	5,0	3-4
9	*O. circumcincta*	2	10,0	7-18	4	20,0	19-26	2	10,0	7-9
10	*O. trifurcata*	2	10,0	5-14	3	15,0	17-12	3	15,0	5-10
11	*O. occidentalis*	2	10,0	9-17	4	20,0	18-28	3	15,0	9-16
12	*Marshallagia marshalli*	-	-	-	1	5,0	2-6	1	5,0	2-5
13	*M. schikhobalovi*	1	5,0	3	1	5,0	3-5	1	5,0	2-3
14	*Haemonchus contortus*	5	25,0	16-86	12	40,0	132-2670	8	40,0	93-147
15	*Cooperia oncophora*	2	10,0	5-31	4	20,0	12-84	3	15,0	9-18
16	*C. punctata*	2	10,0	6-9	3	15,0	8-25	3	15,0	5-14
17	*C. zurnabada*	-	-	-	1	5,0	5	-	-	-
18	*Nematodirus filicollis*	4	20,0	18-52	8	40,0	36-93	5	15,0	21-70
19	*N. oiratianus*	3	15,0	12-29	6	30,0	16-37	5	25,0	19-28
20	*N. helvetianus*	3	15,0	9-23	5	25,0	14-32	5	25,0	17-22
21	*N. spathiger*	5	25,0	26-58	8	40,0	39-83	5	25,5	19-39
22	*N. abnormalis*	-	-	-	1	5,0	3	1	5,0	4
23	*N. dogeli*	-	-	-	1	5,0	5	-	-	-
24	*N. andreevi*	-	-	-	1	5,0	4	-	-	-

У овец два года и старше отмечены следующие виды: *T.axei, T.capricola, T.colubriformis, T.vitrinus, O.ostertagi, O.circumcincta, O.trifurcata, O. occidentalis, H.contortus, C.oncophora, C.punctata, N.filicollis, N.oiratianus, N.helvetianus, N. spathiger,* ЭИ составляет 5,0-40,0%, ИИ - 3-147 экз. Взрослое поголовье ограниченно инвазировано - *T. skrjabini, O. leptospicularis, O. antipini, M. marshalli, M. schikhobalovi, C. zurnabada, N. abnormalis, N. dogeli, N. andreevi* (ЭИ 5,0%, ИИ 2-4 экз.). Общая зараженность на этих угодьях трихостронгилидами составила ЭИ 80,0%, а ИИ 3-109 экз.

Инвазированность овец разных возрастов трихостронгилидами на полупустынных, солончаковых пастбищах равнинного Дагестана представлено в таблице 2.

Таблица 2 - Возрастные особенности заражения овец трихостронгилидами на полупустынных, солончаковых пастбищах равнинного пояса Дагестана

№	Вид гельминта	Молодняк до 1 года – 10 гол			Молодняк от 1 до 2 лет – 10 гол			Взрослые животные – 10 гол		
		Заражено		ИИ, экз. мин.-макс.	Заражено		ИИ, экз. мин.-макс.	Заражено		ИИ, экз. мин.-макс.
		число	%		Число	%		число	%	
1	*Trichostrongylus axei*	1	10,0	7	2	20,0	8-20	2	20,0	7-16
2	*T. capricola*	-	-	-	2	20,0	5-12	2	20,0	3-8
3	*T. vitrinus*	1	10,0	17	2	20,0	9-23	2	20,0	5-17
4	*Ostertagia ostertagi*	-	-	-	1	10,0	7	-	-	-
5	*Cooperia punctata*	-	-	-	2	20,0	3-5	2	20,0	2-6
6	*Nematodirus filicollis*	1	10,0	48	2	20,0	2-17	1	10,0	14
7	*N. oiratianus*	1	10,0	9	2	20,0	4-8	1	10,0	3
8	*N. helvetianus*	1	10,0	8	1	10,0	3-5	1	10,0	4
9	*N. spathiger*	1	10,0	20	2	20,0	4-9	1	10,0	8

В осенний период ягнята на полупустынных, солончаковых пастбищах заражены 6 видами, ЭИ – 10,0%, ИИ 7-48 экз. Общая инвазированность трихостронгилидами у ягнят отмечена до 48,0%, при ИИ 3-19 экз.

Низкий уровень инвазированности ягнят трихостронгилидами обусловлен тем, что их рацион составляют молоко матери, и мало выпасаются на пастбищах. Важное значение имеет скудность травостоя и количество личинок ограничено до осени. Днем температура может достигать до +55° С, что негативно влияет на развитие инвазии во внешней среде.

В биоразнообразии трихостронгилид на полупустынных, солончаковых пастбищах молодняк от одного года до двух лет инвазирован 9 видами, взрослое поголовье – 8, ЭИ 10,0-20,0%, ИИ 2-23 экз. Доминирующими видами отмечены - *T. axei, T. vitrinus, O. ostertagi, N. filicollis, N.oiratianus, N. helvetianus, N. spathiger*. Общая заражённость молодняка от одного года до двух лет составляет 60%, взрослого поголовья 70,0%, при ИИ 2-23 и 3-23 экз. Слабая зараженность трихостронгилидами отмечена на полупустынных, солончаковых пастбищах.

Заключение. Таким образом, все возрастные группы овец инвазированы трихостронгилидами на всех пастбищах равнинного пояса Дагестана. На низинных увлажненных, степных пастбищах у ягнят отмечено 16 видов - ЭИ 5,0-25,0% и ИИ 3-109 экз.; у молодняка от одного года до двух лет 24 - ЭИ 5,0-40,0% и ИИ 2-2670 экз.; у овец старше двух лет 20 - ЭИ 5,0-40,0% и ИИ 2-147 экз. На полупустынных и солончаковых пастбищах равнинного пояса ягнята слабо инвазированы количественно и качественно трихостронгилюсами - 6 видов - ЭИ 10% и ИИ 7-48 экз.; молодняк от одного года до двух лет 9 – ЭИ 10-20,0% и ИИ 2-23 экз.; овцы старше двух лет 8 - ЭИ 10,0-20,0% и ИИ 2-17 экз.

В фауне трихостронгилид доминируют трихостронгилюсы, гемохусы, и нематодирусы, а маршаллагии, остертагии и кооперии имеют ограниченное распространение. **Высокая температура и низкая влажность воздуха на** пастбищах негативно влияют на формирование инвазионных личинок во внешней среде.

Список литературы

1. Атаев А.М., Гаджиева С.А., Алмаксудов У.П. Ассоциации стронгилят желудочно-кишечного тракта и эймерий у овец в экосистемах равнинной зоны Дагестана // Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями. – 2006. – № 7. – С. 39-42.
2. Стронгилятозы жвачных Дагестана / А.М. Атаев, К.Б. Махмудов, О.А. Магомедов [и др.] // Ветеринария. – 2007. – № 7. – С. 35-39.
3. Трихостронгилидозы овец в равнинном Дагестане / А.М. Атаев, М.М. Зубаирова, Н.Т. Карсаков [и др.] // Современные экологические проблемы в сельскохозяйственном производстве: материалы междунар. науч.-практ. конф. – Махачкала: 2019. – С. 217-222.
4. Эколого-фаунистическая и эпизоотологическая характеристика возбудителей паразитарных болезней домашних жвачных в Дагестане / А.М. Атаев, М.М. Зубаирова, Н.Т. Карсаков [и др.] // Проблемы развития АПК региона. – 2017. – Т. 31. – № 3 (31). – С. 53-59.
5. Атаев А. М., Зубаирова М. М., Карсаков Н. Т., Джамбулатов З. М. Паразитарные болезни животных: учебное пособие для вузов. – Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 304 с.
6. Атаев А. М., Зубаирова М. М., Джамбулатов З. М., Карсаков Н. Т. Болезни овец. – М.: Колос-с, 2022. – 200 с.
7. Биологическое разнообразие видов подотряда Strongylata Railliet et Henry, 1913 пищеварительного тракта овец на разных экосистемах Терско-Кумской низменности / М.А. Ахмедов, М.М. Зубаирова, А.М. Атаев [и др.] // Ветеринарный врач. – 2022. – № 3. – С. 16-22.
8. Ахмедов М.А., Атаев А.М. Эпизоотология трихостронгилидозов овец на терско-кумской низменности // Проблемы развития АПК региона. – 2017. – Т. 29. – № 1 (29). – С. 65-68.
9. Зубаирова М.М., Атаев А.М., Карсаков Н.Т., Ахмедов М.А. Смешанные стронгилятозы пищеварительного тракта и аноплоцефалятозы овец в разрезе вертикальной поясности Дагестана // Российский паразитологический журнал. – 2022. – Т. 16. – № 1. – С. 93-100.
10. Борьба с гельминтами домашних животных в Дагестане / М. Зубаирова, А. Атаев, Н. Карсаков [и др.] // Ветеринария сельскохозяйственных животных. – 2021. – № 8. – С. 29-33.
11. Экологические основы борьбы с гельминтозами домашних жвачных в Дагестане / М.М. Зубаирова, А.М. Атаев, Н.Т. Карсаков [и др.]// Проблемы развития АПК региона. – 2020. – № 4 (44). – С. 154-157.
12. Видовой состав рода Cooperia Ransom, 1907 у овец в междуречье Терека и Кумы / М.М. Зубаирова, А.М. Атаев, Н.Т. Карсаков [и др.] // Инновационное развитие аграрной науки и образования: сб. науч. тр. междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 90-летию чл.-корр. РАСХН, Заслуженного деятеля науки РСФСР и ДР, профессора М.М. Джамбулатова. – Махачкала: 2016. – С. 164-166.
13. Карсаков Н.Т., Зубаирова М.М., Атаев А.М. Опыт борьбы с гельминтозами в Дагестане // Ветеринария. – 2009. – №11. – С. 29-31.
14. Карсаков Н.Т., Атаев А.М., Зубаирова М.М., Кочкарев А.Б. Лабораторная диагностика инвазионных болезней животных: учебное пособие. – Махачкала: 2021. – 104с.
15. Колесников В.И. Эпизоотология стронгилятозов желудочно-кишечного тракта овец в Центральной части Северного Кавказа: автореф. дис. …д-ра вет. наук. – 1992. – 315 с.

References

1. Atayev, A.M., Gadzhieva, S.A., Almaksu-dov, U.P. Associations of gastrointestinal strongylata and eimeria in sheep in the ecosystems of the lowland zone of Dagestan // Theory and practice of combating parasitic diseases. 2006, no. 7, pp. 39–42.

2. Strongylosis in ruminants of Dagestan / A.M. Atayev, K.B. Makhmudov, O.A. Magomedov [et al.] // Veterinary science. 2007, no. 7, pp. 35–39.

3. Trichostrongylosis in sheep in the lowland zone of Dagestan / A.M. Atayev, M.M. Zubairova, N.T. Karsakov [et al.] // Current environmental problems in agricultural production: Proceedings of the international scientific-practical conference. – Makhachkala: 2019. – Pp. 217-222.

4. Ecological, faunistic and epizootological characteristics of pathogens causing parasitic diseases of domestic ruminants in Dagestan / A.M. Atayev, M.M. Zubairova, N.T. Karsakov [et al.] // Problems of development of the regional agro-industrial complex. – 2017. – Vol. 31. – No. 3 (31). – Pp. 53-59.

5. Atayev A. M., Zubairova M. M., Karsakov N. T., Dzhambulatov Z. M. Parasitic diseases of animals: a textbook for universities. – St. Petersburg: Lan, 2022. – 304 p.

6. Atayev A. M., Zubairova M. M., Dzhambulatov Z. M., Karsakov N. T. Sheep diseases. - Moscow: Kolos-s, 2022. - 200 p.

7. Biological diversity of species of the suborder Strongylata Railliet et Henry, 1913 of the digestive tract of sheep in different ecosystems of the Terek-Kuma Lowland / M. A. Akhmedov, M. M. Zubairova, A. M. Atayev [et al.] // Veterinarian. - 2022. - No. 3. - P. 16-22.

8. Akhmedov M. A., Atayev A. M. Epizootology of trichostrongylosis in sheep in the Terek-Kuma Lowland // Problems of development of the agro-industrial complex of the region. – 2017. – Vol. 29. – No. 1 (29). – P. 65-68.

9. Zubairova M.M., Atayev A.M., Karsakov N.T., Akhmedov M.A. Mixed strongylosis of the digestive tract and anoplocephalatosis of sheep in the context of vertical zonation of Dagestan // Russian Parasitological Journal. – 2022. – Vol. 16. – No. 1. – P. 93-100.

10. Control of helminths of domestic animals in Dagestan / M. Zubairova, A. Atayev, N. Karsakov [et al.] // Veterinary science of farm animals. – 2021. – No. 8. – P. 29-33.

11. Ecological foundations for combating helminthiasis in domestic ruminants in Dagestan / M.M. Zubairova, A.M. Atayev, N.T. Karsakov [et al.] // Problems of development of the regional agro-industrial complex. - 2020. - No. 4 (44). - P. 154-157.

12. Species composition of the genus Cooperia Ransom, 1907 in sheep in the Terek and Kuma interfluve / M.M. Zubairova, A.M. Atayev, N.T. Karsakov [et al.] // Innovative development of agricultural science and education: collection of scientific papers of the international scientific and practical conference dedicated to the 90th anniversary of Corresponding Member of the Russian Academy of Agricultural Sciences, Honored Worker of the RSFSR and the DR, Professor M.M. Dzhambulatov. – Makhachkala: 2016. – P. 164-166.

13. Karsakov N.T., Zubairova M.M., Atayev A.M. Experience in Combating Helminthiasis in Dagestan // Veterinary Science. – 2009. – No. 11. – P. 29-31.

14. Karsakov N.T., Atayev A.M., Zubairova M.M., Kochkarev A.B. Laboratory Diagnostics of Invasive Animal Diseases: A Tutorial. – Makhachkala: 2021. – 104 p.

15. Kolesnikov V.I. Epizootology of Strongylatosis of the Gastrointestinal Tract of Sheep in the Central Part of the North Caucasus: Abstract of a Dissertation for the Degree of Doctor of Veterinary Sciences. – 1992. – 315 p.

10.52671/26867591_2026_1_165
УДК 639. 03

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПОЛИКУЛЬТУРЫ В ПРУДОВОМ ОСЕТРОВОДСТВЕ

КАРНАЕВ И.А., аспирант
ШИХШАБЕКОВА Б.И., канд. биол. наук, доцент
ФГБОУ ВО Дагестанский ГАУ, г. Махачкала, Россия

RESULTS OF POLYCULTURE APPLICATION IN POND STURGEON BREEDING

KARNAEV I.A., postgraduate student
SHIKHSHABEKOVA B.I., Candidate of Biological Sciences, Associate Professor
Dagestan State Agrarian University, Makhachkala, Russia

Аннотация. В данной статье представлены некоторые данные наших исследований, которые были проведены в одном из рыбоводных хозяйств РД. Целью наших исследований стало выращивание белуги в поликультуре с растительноядными рыбами в прудах рыбоводного хозяйства РД.

Изучались темпы роста двухлеток белуги при различных технологиях выращивания (в моно- и поликультуре с растительноядными рыбами (белый амур)), изучался гидрохимический режим водоемов.

Проведенные исследования показали, что в период наших исследований гидрохимический режим водоемов особо не отличался. Полный водообмен в прудах происходил в течении 5-6 часов, который хорошо способствовало снижению прогрева прудов в жаркое время года и pH среда в среднем держалось на уровне нейтрального (pH 7). Средняя температура воды в прудах составила: в июне - 23,6, в июле - 24,1, августе - 24,9, сентябре-21,0 и октябре месяце- 16,5°С., содержание растворенного кислорода в воде - 7,5-10,1 мг/л, щелочность -2,5- 3,2 мг-экв/л, Жесткость – 4.2 мг-экв/л. Показатели темпов роста основного объекта выращивания - белуги, выращенной при поликультуре были выше на 0,5 кг ,соответственно и рыбопродуктивность пруда была выше. В процессе работы были использованы известные методы и методики, которые применяются в рыбохозяйственной науке.

Ключевые слова: аквакультура, пруд, монокультура, поликультура, белуга, белый амур, мелиорация, прирост.

Abstract. *This article presents some data from our research, which was conducted at a fish farm in the Republic of Dagestan. The purpose of our research was to study the growth of beluga in polyculture with plant-eating fish in the ponds of the fish farm in the Republic of Dagestan. We examined the growth rates of two-year-old beluga under different cultivation technologies (in mono- and polyculture with plant-eating fish (white amur), and studied the hydrochemical conditions of the ponds. Our research showed that the hydrochemical conditions of the ponds did not differ significantly during the study period. The complete water exchange in the ponds took place within 5-6 hours, which greatly contributed to reducing the temperature of the ponds during the hot season, and the pH of the medium remained neutral (pH 7) on average. The average water temperature in the ponds was: in June - 23.6, in July - 24.1, in August - 24.9, in September - 21.0, and in October - 16.5°C, the dissolved oxygen content in the water was 7.5-10.1 mg/L, the alkalinity was 2.5-3.2 mg-eq/L, and the hardness was 4.2 mg-eq/L. The growth rates of the main object of cultivation, the beluga, grown in polyculture, were higher by 0.5 kg, and the fish productivity of the pond was higher. The work was carried out using well-known methods and techniques used in fisheries science.*

Keywords: *Aquaculture, pond, monoculture, polyculture, beluga, white crucian, reclamation, growth.*

Введение. Аграрный сектор затрагивает интересы каждого человека, и его развитие имеет решающее значение для экономики, продовольственной безопасности и социальной стабильности любой страны. За последние 50 лет население мира удвоилось, и, естественно, увеличился спрос на продовольствие. Не секрет, что каждая страна, несмотря на ограниченность ресурсов, стремится использовать все доступные средства для производства продовольствия.

Производство животноводческой продукции требует колоссальных объемов ресурсов. В нашей стране, с ее разнообразным ландшафтом и климатическими условиями, обширными территориями и сложившейся производственной базой, вопросы сохранения ресурсов в этой отрасли приобретают особую актуальность. Принцип ресурсосбережения, основанный на применении новейших научных достижений и передового опыта, является объективно необходимой и важнейшей предпосылкой для развития всех подотраслей животноводства, включая аквакультуру, и для повышения конкурентоспособности отечественной продовольственной продукции, особенно в условиях развития рыночных отношений в агропромышленном комплексе.

Аквакультура – это разведение и выращивание рыб с применением технологий для обеспечения их искусственного выращивания с целью получения высокой рыбопродукции [5, 6, 27]. Всегда основной проблемой у населения считается обеспечение качественными продуктами в полном ассортименте [66]. Одной из ведущих ролей при решении этой проблемы принадлежит прудовой аквакультуре - отрасли отечественного сельскохозяйственного производства. Объемы продукции пресноводного рыбоводства сегодня в Российской Федерации в среднем в 3 раза ниже в сравнении с фактическим производством на период 90-х годов XX века [25, 49].

В современных условиях в сфере рыбоводства ресурсосбережение осуществляется в нескольких направлениях, связанное непосредственно с формой ведения производства – это индустриальное, прудовое и пастбищное.

К таким направлениям можно отнести и разработку новых рецептур кормов и технологий кормления, поддержание естественной кормовой базы [39], управление первичными продукционными процессами в водоемах, а также использование интегрированных и интенсивных технологий, в частности- поликультуры, которая подразумевает совместное выращивание разных видов рыб.

Традиционная биотехнологическая схема выращивания товарного осетра в прудах предполагает трехлетний цикл, позволяющий получать товарную продукцию весом до 1,5-2,0 кг (Попова и др., 1997). Однако в последние годы эта схема выращивания стала менее эффективной. Это объясняется тем, что в период зимовки годовики теряют до 30-40% своего веса, а двухлетние - 10-20% (Попова и др., 1997). Кроме того, эксплуатационные расходы в течение третьего года выращивания делают осетроводство менее прибыльным.

В связи с таким положением целью нашей было выращивание белуги в поликультуре с растительноядными рыбами в прудах рыбоводного хозяйства РД.

Осетровых рыб выбрали в связи с тем, что они очень ценные – уникальные реликтовые рыбы, обитавшие в северном полушарии нашей планеты в те далѐкие времена, когда динозавры ходили по земле, в настоящее время численность которых

находятся на грани исчезновения. Более 90% мировых запасов осетровых рыб сосредоточено в Каспийском бассейне, где обитают 6 видов этих рыб: белуга, русский и персидский осѐтр, севрюга, стерлядь и шип. В современных условиях, в силу целого ряда причин, запасы каспийских осетровых катастрофически сокращаются, и в ближайшие годы стоит угроза потери природных популяций этих ценных реликтовых видов рыб.

Учитывая катастрофическое состояние осетрового хозяйства в России, единственным способом сохранить генофонд осетровых является развитие товарного осетроводства.

В связи с таким положением необходимо предпринимать срочные, неординарные меры по сохранению и восстановлению природных ресурсов осетровых рыб. По мнению многих учѐных и специалистов, работающих в области осетроводства, следует сосредоточить усилия на решении трѐх важнейших задач: - повышение эффективности естественного и искусственного воспроизводства осетровых рыб; - ускоренное формирование продукционных (маточных) стад в промышленных условиях для целей искусственного воспроизводства и товарного осетроводства; - развитие товарного осетроводства.

Именно формирование маточных стад и развитие товарного осетроводства в контролируемых человеком условиях в прудах и индустриальных хозяйствах, является ключевой в настоящее время для восстановления природных ресурсов путем искусственного воспроизводства молоди для выпуска в естественную среду обитания и обеспечения ценной рыбной продукцией -осетровых рыб.

По данным некоторых ученых толстолобики оказывают благоприятное воздействие на других рыб посредством улучшения гидрохимического режима. Потребляя наряду с активно продуцирующим планктоном детрит и преобразованные в него экскременты, остатки комбикормов, эти рыбы утилизируют и превращают в рыбопродукцию избыточное количество органических веществ, и тем самым возвращают в хозяйственный оборот теряющиеся биогены [19]. А белый амур, как биологический мелиоратор уничтожает высшую водную растительность и нитчатые водоросли, тем самым увеличивает нагульную площадь основному объекту выращивания.

Материал методы исследований.

Выращивание белуги проводили в двух небольших прудах, заросших водной жесткой растительностью в пределах до 30% от водного зеркала, площадь которых составляла 0,1 га для каждого пруда. Глубина прудов в среднем составляла 1.2 м и были проточными. Также были организованы кормовые места. Оба пруда были зарыблены в начале июня годовиками белуги средней массой 1400 г., выращенные зимой в бассейнах в цеху на воде из артезианской скважины в количестве 500. В пруд за номером два, кроме белуги, запустили двухлеток белого амура в количестве 15 штук средней массой 1,2 кг, и двухлеток белого толстолобика средней массой 300 г в количестве 100 шт, так как пруды были заросшими водной жесткой растительностью.

Результаты выращивания.

Наблюдения за выращиванием рыб проводились подекадно. Следили за проточностью воды, за темпом роста и разития, гидрохимическим режимом прудов. В обеих прудах организовали сильную проточность, так как оба пруда были мелководными. Полный водообмен в прудах происходил в течении 5-6 часов, который хорошо способствовало снижению прогрева прудов в жаркое время года и pH среда в среднем держалось на уровне нейтрального (pH 7). Средняя температура воды в прудах составила: в июне - 23,6, в июле - 24,1, августе - 24,9, сентябре-21,0 и октябре месяце- 16,5°С. Показатели гидрохимического режима приведены ниже (табл.1)

Таблица 1 - Гидрохимический состав воды прудов

№п\п	Показатели	Содержание
1	Содержание растворенного кислорода в воде, мг/л	7,5-10,1
2	Щелочность, мг-экв/л	2,5- 3,2
3	Окисляемость, мг 0/л	6,5- 10,5
4	Фосфаты, мгРО/л	0,4-0,6
5	Жесткость, мг-экв/л	4,2

Особой разницы в гидрохимическом режиме по прудам не отмечено. Только содержание кислорода в пруду №1, где выращивание белуги происходило в монокультуре было ниже и в среднем составлял 6,5-7,9 мг/л воды. Это объясняется тем, что пруд был заросшим жесткой растительностью и мелиоративные работы в отношении очистки его не предпринимали. Тогда как в пруду №2 белый амур, как биологический мелиоратор очищал водоем от растительности, что в свою очередь это повлияло содержанию растворенного кислорода на достаточно хорошем уровне до 10,5 мг/л. Активная реакция воды у водовыпуска пруда в среднем составляла до 7,5.

Кормление рыб проводились продукционными кормами российского происхождения фирмы «Fish food IDEALEX» два раза в день. Состав корма: кровяная мука, рыбная мука, обработанный животный белок свиной, обработанный животный белок из птицы, рыбий жир, шрот подсолнечный лущеный, дрожжи, хлорид натрия, карбонат кальция, дрожжевые продукты, диаметр – 4 мм. Анализ показал, что белки – 40, жиры – 18, клетчатка – 2,5,

зола – 6,5, влага – 10, энергия ОБ – 18, фосфор – 1,2.

В августе, когда температура поднималась выше 25 градусов рыба питалась, но не охотно и корм не полностью использовался.

У белуги самый активный рост был в июле месяце, когда температура не превышала 25°С, и среднесуточный прирост составлял от 20 до 30 г.

Осенью, когда пруды были обловлены, средняя масса основного объекта выращивания в пруду номер один составила 3,0 кг, в пруду, где применялась поликультура – 3,5кг и средняя масса белого амура – 1,9 кг, белого толстолобика – 800 г. Коэффициент упитанности белуги с обоих прудов не сильно отличался и составил 0,82, выход с обоих прудов составил 100%.

Заключение. Таким образом, результаты наших исследований показывают на то, что при выращивании осетровых и растительноядных рыб в поликультуре, можно добиться высокой рыбопродуктивности с одной и той же площади пруда, так как у каждого вида рыбы свой спектр питания. Различие в спектрах питания способствует наиболее полному освоению трофических ниш и использованию кормовой базы пруда. А белый амур в свою очередь являясь биологическим мелиоратором поедает как водную высшую растительность, так и нитчатые водоросли в водоеме, улучшая тем самым водообмен и дает дополнительную рыбопродукцию с одной и той же площади пруда.

Список литературы

1. Некоторые данные о технологии выращивания товарных осетровых видов рыб в Республике Дагестан / А.Б. Алиев, Б.И. Шихшабекова, А.Д. Гусейнов [и др.] // Проблемы развития АПК региона. – 2017. – Т. 30. – № 2 (30). – С. 57-59.

2.Алиев А.Б., Бархалов Р.М., Шихшабекова Б.И. Современная структура популяции промысловых видов рыб на особо охраняемой природной территории // Проблемы развития АПК региона. – 2021. – № 3(47). – С. 111-120.

3. Результаты деятельности и перспективы развития рыбной отрасли Республики Дагестан / А.Б. Алиев, Б.И. Шихшабекова, И.В. Мусаева // Проблемы развития АПК региона. – 2021. – № 1 (45). – С. 134-140.

4. Современное состояние осетровых видов рыб в южном рыбохозяйственном районе / Е.М. Алиева, Б.И. Шихшабекова, Г.Ш. Гаджимурадов [и др.] // Состояние и перспективы научно-технологического развития рыбопромышленного комплекса РФ: науч.-практ. конф. с междунар. участием. – Махачкала: ДагГАУ. – 2021. – С. 58-68.

5. Багров А.М., Воронин В.М. Пресноводная аквакультура страны // Рыбное хозяйство. – 2012. – № 4. – С. 44-46.

6. Основы стратегии развития рыбоводства России / А.М. Багров, В. И. Филатов, А. Ю. Киселев [и др.] // Актуальные вопросы пресноводной аквакультуры: сб. науч. тр. – М.: ВНИИПРХ, 2000. – Вып. 77. – С. 1924.

7.Виноградов В.К. Новые концептуальные подходы к проблеме развития осетрового хозяйства России // Проблемы современного товарного осетроводства: сб. докл. 1-й науч.-практ. конф. – Астрахань: Биос, 2014. – С. 17-20.

8.Власов В.А. Пресноводная аквакультура. – М.: Изд-во «Курс», 2015. – 383 с.

9.Власов В.А. Практикум по рыбоводству. – М.: 2005. – С.48-49.

10. Власов В.А. Приусадебное хозяйство. Рыбоводство. – М.: Изд-во «ЭКСМО-Пресс», 2001. – 240 с.

11. Будущее аквакультуры России / Ю.П. Мамонтов, А.М. Багров, В.М. Воронин [и др.] // Актуальные вопросы пресноводной аквакультуры: сб. науч. тр. ВНИИПРХ. – М.: 2000. – Вып. 75. – С. 19-27.

12. Мамонтов Ю. П. Пресноводная аквакультура России: состояние и перспективы развития // Аквакультура и интегрированные технологии: проблемы и возможности. – М.: 2005. – Т. 1. – С. 4-5

13. Мамонтов Ю. П., Гепетский Н. Е. Основы ведения рационального осетроводства в России//Рыбоводство и рыболовство. – 2001. – № 1. – С. 14-15.

14.Рубан Г.И., Р.П. Ходоревская, В.Н. Кошелев. О состоянии осетровых в России // Астраханский вестник экологического образования. – № 1 (31). – 2015. – С.42-50.

15.Ходоревская Р.П., С.О. Некрасова, А.В. Савинов. Осетровые Волго-Каспийского бассейна – природное наследие прикаспийских государств // Экологические проблемы бассейнов крупных рек: материалы междунар. конф., приуроченной к 35-летию Института экологии Волжского бассейна РАН и 65-летию Куйбышевской биостанции. – 2018. – С.318-320.

16.Чебанов М.С., Галич Е.В., Чмырь Ю.Н. Руководство по разведению и выращиванию осетровых рыб. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2004. – С. 136.

17.M. S. Aramli, M.R. Kalbassi, R. M. Nazari, S.Aramli,, Animal Reproduction Science, 143, 1–4 112-117 (2013) doi: 10.1016/j.anireprosci.2013.10.010.

18.M.Tavakoli, H. Fazli, M. Moghim, M.R.B. Khoshghalb., Iranian Journal of Fisheries Sciences, 17(3), 552-563 (2018) doi: 17. 10.22092/IJFS.2018.116505.

19.H. Fazli, M.R.B. Khoshghalb, M. Moghim, T.Valinassab, Archives of Polish Fisheries, 28, 62-72 (2020) doi:10.2478/aopf-2020-0009.

20. Тамаш Г., Хорват Л., Тельг И. Выращивание рыбопосадочного материала в рыбоводных хозяйствах Венгрии. – М.: Агропромиздат, 1985. – 128 с.

References

1. Some data on the technology of growing commercial sturgeon species in the Republic of Dagestan / A.B. Aliyev, B.I. Shikhshabekova, A.D. Guseynov [et al.] // Problems of development of the regional agro-industrial complex. - 2017. - Vol. 30. - No. 2 (30). - P. 57-59.

2. Aliyev A.B., Barkhalov R.M., Shikhshabekova B.I. Current structure of the commercial fish species population in a specially protected natural area // Problems of development of the regional agro-industrial complex. - 2021. - No. 3 (47). - P. 111-120.

3. Results of activities and prospects for the development of the fishing industry of the Republic of Dagestan / A.B. Aliyev, B.I. Shikhshabekova, I.V. Musayeva // Problems of development of the regional agro-industrial complex. – 2021. – No. 1 (45). – P. 134-140.

4. Current status of sturgeon fish species in the southern fishery region / E.M. Alieva, B.I. Shikhshabekova, G.Sh. Gadzhimuradov [et al.] // Status and prospects of scientific and technological development of the fishing industry complex of the Russian Federation: research and practical. conf. with international participation. – Makhachkala: DagSAU. – 2021. – P. 58-68.

5. Bagrov A.M., Voronin V.M. Freshwater aquaculture of the country // Fisheries. – 2012. – No. 4. – P. 44-46.

6. Fundamentals of the strategy for the development of fish farming in Russia / A.M. Bagrov, V. I. Filatov, A. Yu. Kiselev [et al.] // Current Issues in Freshwater Aquaculture: Coll. of Scientific Papers. – Moscow: VNIIPRKh, 2000. – Issue 77. – P. 1924.

7. Vinogradov V.K. New Conceptual Approaches to the Problem of Sturgeon Farming Development in Russia // Problems of Modern Commercial Sturgeon Farming: Coll. of Papers from the 1st Scientific and Practical Conference. – Astrakhan: Bios, 2014. – Pp. 17-20.

8. Vlasov V.A. Freshwater Aquaculture. – Moscow: Kurs Publishing House, 2015. – 383 p.

9. Vlasov V.A. Fish Farming Workshop. – Moscow: 2005. – Pp. 48-49.

10. Vlasov V.A. Household plots. Fish farming. Moscow: EKSMO-Press Publishing House, 2001. 240 p.

11. The future of Russian aquaculture / Yu.P. Mamontov, A.M. Bagrov, V.M. Voronin [et al.] // Current issues in freshwater aquaculture: collection of scientific papers of the All-Russian Research Institute of Fisheries and Aquaculture. Moscow: 2000. Issue 75. pp. 19-27.

12. Mamontov Yu.P. Freshwater aquaculture in Russia: status and development prospects // Aquaculture and integrated technologies: problems and opportunities. – M.: 2005. – Vol. 1. – P. 4-5

13. Mamontov Yu. P., Gepetskiy N. E. Fundamentals of Rational Sturgeon Farming in Russia//Fish Farming and Fisheries. – 2001. – No. 1. – P. 14-15.

14. Ruban G. I., R. P. Khodorevskaya, V. N. Koshelev. On the State of Sturgeons in Russia // Astrakhan Bulletin of Environmental Education. – No. 1 (31). – 2015. – P. 42-50.

15. Khodorevskaya R. P., S. O. Nekrasova, A. V. Savinov. Sturgeons of the Volga-Caspian Basin – the Natural Heritage of the Caspian States // Environmental Problems of Large River Basins: Proceedings of the International Conference Dedicated to the 35th Anniversary of the Institute of Ecology of the Volga Basin of the Russian Academy of Sciences and the 65th Anniversary of the Kuibyshev Biological Station. – 2018. – pp. 318-320.

16. Chebanov M.S., Galich E.V., Chmyr Yu.N. Guide to Breeding and Growing Sturgeons. –

Moscow: Federal State Scientific Institution "Rosinformagrotech", 2004. – p. 136.

17. M. S. Aramli, M.R. Kalbassi, R. M. Nazari, S. Aramli, Animal Reproduction Science, 143, 1–4 112-117 (2013) doi: 10.1016/j.anireprosci.2013.10.010.

18. M. Tavakoli, H. Fazli, M. Moghim, M. R. B. Khoshghalb., Iranian Journal of Fisheries Sciences, 17(3), 552-563 (2018) doi: 17.10.22092/IJFS.2018.116505.

19.H. Fazli, M.R.B. Khoshghalb, M. Moghim, T. Valinassab, Archives of Polish Fisheries, 28, 62-72 (2020) doi:10.2478/aopf-2020-0009.

20. Tamas G., Horvath L., Telg I. Growing fish seed in fish farms in Hungary. – Moscow: Agropromizdat, 1985. – 128 p.

10.52671/26867591_2026_1_169
УДК 636.2.087.7:637.147.8:57.086.13

ВЛИЯНИЕ ОСТАТКОВ ГЛУТАМИНОВОЙ КИСЛОТЫ НА ПОКАЗАТЕЛИ РОСТА, ПОТРЕБЛЕНИЕ КОРМА И БИОХИМИЧЕСКИЙ ПРОФИЛЬ СЫВОРОТКИ КРОВИ МЯСНОГО ПОГОЛОВЬЯ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА

ЛАШИН А.П.[1], д-р биол. наук. доцент
МАКСИМОВ Н.И.[2], д-р с.-х. наук, доцент
СЫРОВАТСКИЙ М.В.[2], канд. с.-х. наук, доцент
[1]ФГБОУ ВО «Дальневосточный государственный аграрный университет», г. Благовещенск, Россия
[2]ФГБОУ ВО «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К.И. Скрябина», г. Москва, Россия

INFLUENCE OF GLUTAMIC ACID RESIDUES ON GROWTH PERFORMANCE, FEED INTAKE, AND THE SERUM BIOCHEMICAL PROFILE OF BEEF CATTLE

LASHIN A.P. [1]***, Doctor of Biological Sciences, Associate Professor***
MAKSIMOV N.I. [2]***, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor***
SYROVATSKIY M.V. [2]***, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor***
[1]***Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk, Russia***
[2]***Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MVA named after K.I. Skryabin, Moscow, Russia***

Аннотация. Целью настоящих исследований явилась оценка влияния остатков глутаминовой кислоты на показатели роста, потребление корма и биохимический профиль сыворотки крови мясного поголовья крупного рогатого скота. В течение проведения исследования учитывали потребление корма и живую массу животных, в конце опыта проводили забор крови, с последующим определением ключевых, в рамках исследования, биохимических показателей. Полученные данные показали, что среднесуточный прирост живой массы у животных всех трёх опытных групп был достоверно выше по сравнению с контролем ($p<0,05$), при чём группа животных с уровнем 3% остатков глутаминовой кислоты (ОГК) достоверно превосходила группы с 1,5% и 4,5% остатками глутаминовой кислоты ($p<0,05$). Потребление сухого вещества во второй (3% ОГК) и третьей опытных группах (4,5% ОГК) было достоверно выше контроля ($p<0,05$). Коэффициент конверсии корма (масса корма на единицу прироста живой массы) во второй опытной группе оказался достоверно ниже, чем в контроле ($p<0,05$). Содержание щелочной фосфатазы в сыворотке крови у животных контрольной группы, а также у животных, первой опытной и второй опытной группы, было достоверно выше, чем у животных, третьей опытной группы. Между содержанием щелочной фосфатазы в сыворотки крови и среднесуточным приростом установлена высокодостоверная положительная взаимосвязь, что подтверждается полученными данными, в ходе проведения исследования.

В целом результаты указывают, что включение 3% остатков глутаминовой кислоты вместо части соевого шрота в рационе мясного поголовья крупного рогатого скота способствует повышению потреблению, увеличению среднесуточного прироста живой массы на 22,62% и снижению коэффициента конверсии корма на 10,85%. Добавление остатков глутаминовой кислоты в рацион в диапазоне от 1,5% до 3% достоверно повышает активность щелочной фосфатазы в сыворотки крови, в свою очередь уровень активности этого фермента может служить информативным показателем степени роста и развития животных.

Ключевые слова: мясное поголовье, крупный рогатый скот, глутаминовая кислота, рост и развитие, биохимические показатели, сыворотка крови.

Abstract. *The aim of this study was to evaluate the effect of glutamic acid residues on growth performance, feed consumption, and the biochemical profile of blood serum in beef cattle. Feed consumption and live weight of animals were recorded throughout the study, and blood was collected at the end of the experiment to determine key biochemical parameters. The data obtained showed that the average daily live weight gain in animals in all three experimental groups was significantly higher than in the control ($p<0.05$), with the group of animals with 3% glutamic acid residues (GAR) significantly outperforming the groups with 1.5% and 4.5% glutamic acid residues ($p<0.05$). Dry matter intake in the second (3% GAR) and third experimental groups (4.5% GAR) was significantly higher than in the control ($p<0.05$). The feed conversion ratio (feed mass per unit of live weight gain) in the second experimental group was significantly lower than in the control group ($p < 0.05$). Serum alkaline phosphatase levels in animals from the control group, as well as in animals from the first and second experimental groups, were significantly higher than in animals from the third experimental group. A highly significant positive relationship was established between serum alkaline phosphatase levels and average daily weight gain, which is confirmed by the data obtained during the study. Overall, the results indicate that the inclusion of 3% glutamic acid residues in place of part of the soybean meal in beef cattle diets promotes increased intake, an increase in average daily weight gain by 22.62%, and a decrease in the feed conversion ratio by 10.85%. Adding glutamic acid residues to the diet in the range from 1.5% to 3% significantly increases the activity of alkaline phosphatase in the blood serum, in turn, the activity level of this enzyme can serve as an informative indicator of the degree of growth and development of animals.*

Keywords: *beef cattle, glutamic acid, growth and development, biochemical parameters, blood serum.*

Актуальность. Белковые корма являются важнейшим источником питательных веществ, для обеспечения процессов роста и развития сельскохозяйственных животных и птицы, при этом занимая ключевое место в кормопроизводстве [1-2]. В условиях стремительного развития экономики и расширения масштабов отрасли потребность в кормовых ресурсах постоянно возрастает, что обостряет проблему дефицита протеиновых кормов. В свою очередь, поиск и использование новых источников протеина, характеризующихся низкой себестоимостью производства и высокой

доступностью, приобретает стратегическое значение для устойчивого развития животноводства [3-5].

Остатки глутаминовой кислоты представляют собой твёрдые гранулы, образующиеся в процессе производства глутамината натрия и являются побочным продуктом переработки концентрированного паточного раствора. Этот продукт содержит значительное количество микробного белка и гуминовых веществ, а также способен обеспечивать организм сельскохозяйственный животных протеином, аминокислотами, витаминами и минеральными элементами, что делает его перспективным белковым компонентом в составе комбикормов [6-8].

В свою очередь, остатки глутаминовой кислоты позволяют повысить переваримость корма, снизить стоимость рациона и повысить его рентабельность. Однако оптимальные уровни включения данной добавки в рационы мясного скота и его влияние на продуктивность и метаболизм остаются недостаточно изученными [9-10]. Настоящее исследование было направлено на изучение влияния различных уровней остатков глутаминовой кислоты в рационах мясного скота на ростовые показатели и биохимические параметры крови. Результаты эксперимента позволяют определить оптимальные уровни введения продукта и дают научно обоснованные рекомендации по его использованию для повышения экономической эффективности и устойчивости производства при откорме бычков.

Цель исследования – оценка влияния остатков глутаминовой кислоты на показатели роста, потребление корма и биохимический профиль сыворотки крови мясного поголовья крупного рогатого скота.

Поставленная цель предопределила решение следующих задач:

1. проанализировать динамику живой массы, среднесуточного прироста, и коэффициента конверсии корма, на всех этапах исследования;
2. оценить биохимический профиль сыворотки крови, на всех этапах исследования;
3. определить оптимальный уровень включения остатков глутаминовой кислоты (в диапазоне 1,5-4,5%) и сформулировать практические рекомендации для откорма мясного поголовья крупного рогатого скота.

Материалы и методы исследования. Исследования проводились на базе ООО СП «Калужское». Для проведения исследования было отобрано 36 клинически здоровых голов крупного рогатого скота мясной породы. По схеме однофакторного рандомизированного блочного опыта, животных разделили на 4 группы по 9 голов в каждой. Контрольная группа получала основной рацион без добавки остатков глутаминовой кислоты (0%), опытные группы животных получали основной рацион с частичной заменой соевого шрота остатками глутаминовой кислоты на уровнях: первая опытная - 1,5%, вторая опытная - 3% и третья опытная - 4,5%, соответственно. Продолжительность эксперимента составила 100 суток, включая 10 суток адаптационного периода и 90 суток основного периода; основной период исследования разделили на 3 этапа: 1–30, 31–60 и 61–90 сутки.

Перед началом опыта всех животных предварительно взвешивали для регистрации живой массы, затем рассчитывали и корректировали базовый рацион по содержанию питательных веществ. Рационы формировали по нормам, для выравнивания уровня сырого протеина между группами применяли добавление сухой пшеничной соломы. Состав и питательная ценность концентратов для быков приведены в таблицах 2. Грубый корм - кукурузный силос. Кормление проводили 2 раза в сутки; концентрат задавали из расчёта 1,5% от средней живой массы группы исследуемых животных, грубые корма скармливали вволю, обеспечивая суточный остаток на уровне 5–10% на голову.

До начала опыта помещения подвергали дезинфекции, животных дегельминтизировали, в ходе опыта ежедневно контролировали потребление корма и воды.

Для оценки живой массы и динамики роста проводили утренние взвешивания, до приема корма и в последние 3-е суток каждого этапа исследования, с последующим расчетом средних значений, а также определения среднесуточного прироста. Учёт потребления корма выполняли по этапной методике: на каждом этапе в течение 3-х суток регистрировали количество корма до и после приёма, рассчитывали среднесуточное потребление сухого вещества и коэффициент конверсии корма (отношение потреблённого сухого вещества к среднесуточному приросту) [10-11].

Биохимический статус оценивали по образцам крови, отобранным в конце исследования перед утренним кормлением животных. Анализы выполняли на автоматическом биохимическом анализаторе Hitachi-1780: определяли глюкозу, общий белок, альбумин, глобулин, триглицериды, азот мочевины, активность щелочной фосфатазы, аспартатаминотрансферазы и аланинаминотрансферазы [12-16].

Статистическую обработку результатов проводили с помощью пакета прикладных программ «Statistica v.6.0» (Statsoft Inc., США). Различия количественных показателей между исследуемыми независимыми группами анализировали с помощью t-критерия Стьюдента.

Результаты и обсуждение. Кормление быков мясного направления проводилось в соответствии с принятой схемой хозяйства, таблица 1. Основной рацион включал традиционные объемистые и концентрированные корма, сбалансированные по энергии, протеину, минеральным элементам и витаминам. Дополнительно в опытных группах применяли остатки глутаминовой кислоты (ОГК) в дозах 1,5%, 3,0% и 4,5% от сухого вещества рациона.

Таблица 1 – Среднесуточный рацион для быков мясного направления и его питательная ценность

Показатель	Контроль, n=9	Первая опытная группа, n=9 (1,5% ОГК)	Вторая опытная группа, n=9 (3,0% ОГК)	Третья опытная группа, n=9 (4,5% ОГК)
Сенаж кукурузно-клеверный	кг	8,0	8,0	8,0
Силос кукурузный	кг	10,0	10,0	10,0
Сено луговое	кг	2,0	2,0	2,0
Комбикорм для откорма КРС	кг	3,5	3,5	3,5
Жом свекловичный (влажный)	кг	4,0	4,0	4,0
Мел кормовой	г	50	50	50
Соль поваренная	г	50	50	50
Фосфат двукальциевый	г	40	40	40
Премикс минерально-витаминный	кг	0,10	0,10	0,10
ОГК	0,00	1,50	3,00	4,50
Питательная ценность рациона				
Энергетические кормовые единицы (ЭКЕ)	–	7,5	7,5	7,5
Обменная энергия	МДж	95,0	95,0	95,0
Сухое вещество	кг	9,2	9,2	9,2
Сырой протеин	г	1150	1150	1150
Переваримый протеин	г	890	890	890
Сахар	г	720	720	720
Крахмал	г	950	950	950
Сырой жир	г	290	290	290
Сырая клетчатка	г	2100	2100	2100
Кальций	г	55	55	55
Фосфор	г	38	38	38
Каротин	мг	520	520	520

Премикс обеспечивает на 1 кг рациона: витамин А - 190 000 МЕ; витамин D - 75 000 МЕ; витамин Е -1500 МЕ; железо (Fe) - 6,8 г; медь (Cu) - 1,0 г; цинк (Zn) - 4,6 г; йод (I) - 53 мг; селен (Se) - 27 мг; кобальт (Co) — 53 мг.

Введение ОГК в рацион быков мясного направления в количестве 1,5–4,5% не изменяет общую питательную ценность рационов, но способствует увеличению содержания легкоусвояемого белка. Это позволяет предположить, что использование ОГК может повысить эффективность откорма и улучшить продуктивные показатели животных без необходимости изменения структуры кормления.

Таблица 2 – Питательная ценность остатков глутаминовой кислоты (ОГК), %

Показатель	Влага	Сырой протеин	Сырой жир	Сырая клетчатка	Зола	БЭВ	Кальций	Фосфор
ОГК, % СВ	1,40	65,04	0,20	5,10	26,10	2,16	2,54	0,15

Питательная ценность остатков глутаминовой кислоты (ОГК), таблица 2 показывает, что этот компонент содержит значительное количество сырого протеина — 65,04%, что делает его перспективной белковой добавкой. При этом в ОГК низкое содержание жира (0,2%) и клетчатки (5,1%), что указывает на высокую усвояемость и концентрированный характер корма. Минеральный состав характеризуется умеренным содержанием золы (26,1%), кальция (2,54%) и фосфора (0,15%), что способствует поддержанию минерального баланса в рационе животных.

Таблица 3 – Среднесуточный прирост, кг/сут, M±m

Этапы исследований	Контроль, n=9	Первая опытная группа, n=9 (1,5% ОГК)	Вторая опытная группа, n=9 (3% ОГК)	Третья опытная группа, n=9 (4,5% ОГК)
1–30 сут	0,8±0,12	0,8±0,16	0,9±0,09	0,8±0,13
31–60 сут	0,8±0,06	1,2±0,13*	1,1±0,07*	0,8±0,17
61–90 сут	0,8±0,15	0,8±0,07	1,0±0,10	1,0±0,12

примечание: *p>0,05

Исходя из данных, представленных в таблице 3, можно отметить, что в начале эксперимента (1–30-е сутки) среднесуточный прирост во второй опытной группе был достоверно выше, чем у остальных трёх групп животных В середине эксперимента (31–60-е сутки) в первой и во второй опытных группах среднесуточный прирост, достоверно превышал контроль и третью опытную группу. В конце опыта (61–90-е сутки) увеличение среднесуточного прироста регистрировалось во второй и третьей опытных группах животных, относительно контроля и первой опытной группы.

Таблица 4 – Живая масса, среднесуточный прирост, потребление сухого вещества и конверсии потреблении корма, в конце исследования, M±m

Показатель	Контроль, n=9	Первая опытная группа, n=9 (1,5% ОГК)	Вторая опытная группа, n=9 (3,0% ОГК)	Третья опытная группа, n=9 (4,5% ОГК)
Начальная масса, кг	271,4±42,34	272,8±39,12	270,2±40,53	274,9±43,19
Конечная масса, кг	347,0±44,26	356,3±41,61	362,9±40,23*	357,7±45,31
Среднесуточный прирост, кг/сут	0,8±0,15	0,9±0,08	1,0±0,14*	0,9±0,17
Потребление сухого вещества, кг/сут	7,8±0,37	8,4±0,45*	8,7±0,42**	8,6±0,47*
Коэффициент конверсии корма, ед.	9,4±0,87	9,0±0,80	8,3±0,94*	9,2±1,07

примечание: *p>0,05; **p<0,01.

Анализируя результаты представленные в таблице 4 можно отметить, что к моменту завершения опыта живая масса животных второй опытной группы была достоверно выше контроля. Потребление сухого вещества во второй и третьей опытных группах достоверно превышало контроль. В течение всего периода исследования, введение остаточной глутаминовой кислоты повышало среднесуточный прирост во всех опытных группах. Так, прирост относительно контроля составил +10,71% (первая опытная группа), +22,62% (вторая опытная группа) и +9,52% (третья опытная группа). Коэффициент конверсии корма снизился на 4,15% в первой опытной, на 10,85% во второй опытной и на 1,17% в третьей опытной группе, при этом во второй опытной группе данный показатель был минимальным и достоверно ниже контроля.

Таблица 5 - Биохимические показатели сыворотки крови, M±m

Показатель	Контроль, n=9	Первая опытная группа, n=9 (1,5% ОГК)	Вторая опытная группа, n=9 (3,0% ОГК)	Третья опытная группа, n=9 (4,5% ОГК)
АЛТ, Ед/л	27,5±11,47	26,5±7,53	27,8±5,26	28,4±8,36
АСТ, Ед/л	64,7±7,53	62,6±11,52	62,5±4,32	65,8±9,17
Щелочная фосфатаза, Ед/л	215,2±29,68	217,3±21,67	224,2±18,36	177,4±32,84

примечание: *p>0,05

Согласно данным, представленным в таблице 6, можно отметить, что содержание щелочной фосфатазы в сыворотке крови животных контрольной группы, первой и второй опытной группы был достоверно выше, чем в третьей опытной группе.

Таблица 6 - Корреляции между биохимическими показателями, живой массой и среднесуточным приростом

Показатель	Живая масса	Среднесуточный прирост
АЛТ, Ед/л	0,388*	0,244
АСТ, Ед/л	0,203	0,028
Щелочная фосфатаза, Ед/л	0,308	0,561**
Общий белок, г/л	0,154	0,448*
Альбумин, г/л	−0,025	0,010
Глобулин, г/л	0,148	−0,286
Азот мочевины, ммоль/л	0,132	0,059
Глюкоза, ммоль/л	−0,274	0,317
Триглицериды, ммоль/л	0,121	−0,435*

примечание: *p>0,05; **p<0,01.

Как показано в таблице 6, уровень аланинаминотрансферазы в сыворотке крови положительно коррелировал с массой тела подопытных животных. Уровень щелочной фосфатазы положительно коррелировал с суточным приростом живой массы всех подопытных групп животных. Уровень общего белка положительно коррелировал с суточным приростом живой массы опытных животных, а уровень триглицеридов достоверно отрицательно коррелировал с суточным приростом живой массы опытных групп животных.

Анализируя полученные данные, можно отметить, что между группами не выявлено достоверных различий по активности аспартатаминотрансферазы и аланинаминотрансферазы, концентрациями глюкозы, азота мочевины крови, триглицеридов, общего белка, альбумина и глобулина, что указывает на отсутствие негативного влияния глутаминовой кислоты на функцию печени, энергетический, липидный и белковый обмены. При этом уровень щелочной фосфатазы в сыворотке крови был максимальным у животных второй опытной группы, что согласуется с высоким среднесуточным приростом и минимальным коэффициентом конверсии корма в этой группе, частично раскрывая механизм ускорения роста при добавлении 3% глутаминовой кислоты.

Заключение. Таким образом результаты исследования показали, что включение в состав концентрата остатков глутаминовой кислоты, при частичной замене соевого шрота, обеспечивает достоверное улучшение ростовых и кормовых показателей мясного скота без признаков метаболической дестабилизации. Наиболее выраженный эффект зафиксирован при дозе 3%: среднесуточный прирост увеличился на 22,62%, потребление сухого вещества - на 0,91 кг/сут, а коэффициент конверсии корма снизился на 10,85% по сравнению с контролем. При дозах 1,5% и 4,5% также отмечена положительная динамика со стороны среднесуточного прироста: на 10,71% и на 9,52% соответственно, однако улучшение эффективности использования корма было максимальным при добавлении 3% остатков глутаминовой кислоты.

Биохимический профиль сыворотки крови указывает на метаболическую безопасность применённых уровней остатков глутаминовой кислоты: значимых межгрупповых различий по АЛТ, АСТ, глюкозе, азоту мочевины крови, триглицеридам, общему белку, альбумину и глобулину не зарегистрировано. В то же время, активность щелочной фосфатазы оказалась информативным индикатором темпов роста: установлена её тесная положительная связь со среднесуточным приростом ($r=0,561$), тогда как триглицериды имели отрицательную ассоциацию с приростом ($r=-0,435$). Это позволяет рассматривать щелочную фосфатазу как оперативный биомаркёр интенсивности роста при откорме.

С точки зрения рационов, эксперимент был проведён в одинаковых условиях кормления животных (у быков/коров сырой протеин ≈ 18,68%, у кастратов ≈ 19,16%), поэтому полученные различия связаны не с повышением протеиновой обеспеченности, а с качеством азотной фракции и улучшением рубцовой ферментации. Незначительное снижение энергетической плотности (DE: −0,28 МДж/кг при 4,5% ОГК) и умеренный рост клетчатки оставались в физиологически допустимых границах для жвачных и не лимитировали продуктивность. Вероятные механистические драйверы эффекта при добавлении 3% ОГК: повышение потребления корма за счёт улучшения вкусоароматических свойств корма, дополнительный приток микробного белка и витаминов группы В из ферментационного субстрата, а также потенциальное усиление ферментативной активности в рубце.

Практически обоснованным следует считать диапазон включения ОГК 1,5-3% в составе концентрата, при котором достигается оптимальный баланс «поедаемость–прирост–конверсия» без отрицательного влияния на печёночные ферменты и ключевые метаболиты. При использовании ОГК необходимо контролировать минеральный профиль рациона (учитывая повышенное содержание золы и Са) и поддерживать корректное кальций-фосфорное соотношение. Для мониторинга эффективности откорма целесообразно регулярно определять активность щелочной фосфатазы, как доступный маркёр темпов роста животных.

Список литературы

1. Аджиев Д. Д., Калугин Ю. А., Балакирев Н. А. Антиоксидантная система кроликов в раннем постнатальном онтогенезе. 1. Основные антиоксидантные ферменты эритроцитов // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. – 2017. – № 3. – С. 39-45. EDN YTCXGP.

2. Афанасьева А. И., Сарычев В. А., Смеян Д. А. Морфологический статус крови и показатели роста телят раннего постнатального периода при использовании фитоадаптогенов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2022. – № 8(214). – С. 51-58. DOI 10.53083/1996-4277-2022-214-8-51-58. EDN KEIBXJ.

3. Барило О. А., Мерзленко Р. А., Барило В. Э. Динамика роста и показатели естественной резистентности у телят при введении в рацион пребиотика «Энервит» // Сборник научных трудов Краснодарского научного центра по зоотехнии и ветеринарии. – 2022. – Т. 11. – № 1. – С. 256-259. DOI 10.48612/sbornik-2022-1-63. EDN HCPKHV.

4. Попов И. В., Чумакова В. В., Попова О. И., Чумаков В. Ф. Биологически активные вещества, проявляющие антиоксидантную активность, некоторых представителей семейства Lamiaceae, культивируемых в Ставропольском крае // Химия растительного сырья. – 2019. – № 4. – С. 163-172. DOI 10.14258/jcprm.2019045200. EDN ULYWBC.

5. Петрова О. Г., Мильштейн И. М., Привалова Д. А., Петров К. Ю. Влияние анолита нейтрального на оптимизацию и нормализацию обменных процессов, повышение сохранности, увеличение прироста массы у телят // Наукосфера. – 2022. – № 6-1. – С. 11-18. DOI 10.5281/zenodo.6575632. EDN AGTWMM.

6. Володькина Г. М., Иващенко С. Ю. Влияние пробиотиков серии Ветом на показатели роста и морфо-биохимический состав крови телят // Цифровизация в АПК: технологические ресурсы, новые возможности и вызовы времени: сб. науч. тр. по материалам междунар. науч.-практ. конф.
Тверь: Тверская государственная сельскохозяйственная академия, 2020. – С. 119-122. EDN HSCCXM.

7. Заикин В. И., Леонтьев Л. Б. Морфо-биохимический статус крови новорожденных телят при внесении в их рацион фитобиотика // Аграрный вестник Северного Кавказа. – 2024. – № 1(53). – С. 12-16. DOI 10.31279/2949-4796-2024-16-53-12-16. EDN WBWBMS.

8. Казанин Н. К. Показатели роста телят чёрно-пёстрой породы при использовании экстракта шрота клюквы // Молодежь – Барнаулу: материалы XXIV гор. науч.-практ. конф. молодых ученых. – Барнаул: Алтайский государственный университет, 2023. – С. 770-771. EDN WOGLVW.

9. Котарев В. И., Брюхова И. В. Влияние ферментативного пробиотика на клинико-биохимические показатели крови и динамику роста телят // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2022. – № 95. – С. 165-173. DOI 10.21515/1999-1703-95-165-173. EDN AGEMNM.

10. Лашин А. П., Максимов Н. И., Сыроватский М. В. Уровень молочной продуктивности коров и некоторых показателей качества молока, на фоне влияния комбикормовых добавок растительного происхождения // Дальневосточный аграрный вестник. – 2024. – Т. 18. – № 2. – С. 89-96. DOI 10.22450/1999-6837-2024-18-2-89-96. EDN QNRRPS.

11. Maksimov N. I., Lashin A. P. Influence of vitamin supplements on indicators of dairy productivity and blood morphological composition of cattle // XV International Scientific Conference “INTERAGROMASH 2022”, Rostov-na-Donu, Rostov-on-Don, May 25–27, 2022. Springer, 2023. P. 79-89. EDN UWRAXF.

12. Неприятель А. А. Биохимические и биологические свойства крови маралов и пятнистых оленей в период срезки пантов // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. – 2018. – № 8. – С. 30-33. EDN YGISYX.

13. Пронина Г. И., Саная О. В. Физиолого-иммунологическая оценка дискусов по гематологическим и цитохимическим показателям // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. – 2017. – № 3. – С. 69-72. EDN YTCXKL.

14. Тарасов С. С., Корягин А. С., Гаврилова А. А. Значение р-каротина в антиоксидантной защите плазмы крови кролика европейского (Orictolagus cuniculus) в норме и при гипертермическом воздействии // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. – 2018. – № 1. – С. 68-75. EDN YOWOON.

15. Nikolaeva N. A., Pankratov V. V., Chernogradskaya N. M., Grigoriev M. F. The use of feed additives in the diet of cows and young cattle in Yakutia // Biosciences Biotechnology Research Asia. 2015. Vol. 12, No. 2. P. 1651-1657. DOI 10.13005/bbra/1827. EDN UZTJDX.

16. Cooke R. F., Daigle C. L., Moriel P., et al The effects of feed additives in cattle fed forage-based diets // Journal of Animal Science. 2021. Vol. 99, No. 4. DOI 10.1093/jas/skab055. EDN UXJOUL.

Reference

1. Adzhiev D. D., Kalugin Yu. A., Balakirev N. A. Antioxidant system of rabbits in early postnatal ontogenesis. 1. The main antioxidant enzymes of erythrocytes // Veterinary science, animal science and biotechnology. - 2017. - No. 3. - P. 39-45. EDN YTCXGP.

2. Afanasyeva A. I., Sarychev V. A., Smeyan D. A. Morphological status of blood and growth indicators of calves of the early postnatal period when using phytoadaptogens // Bulletin of the Altai State Agrarian University. - 2022. - No. 8 (214). - P. 51-58. DOI 10.53083/1996-4277-2022-214-8-51-58. EDN KEIBXJ.

3. Barilo O. A., Merzlenko R. A., Barilo V. E. Growth dynamics and indicators of natural resistance in calves with the introduction of the prebiotic "Enervit" into the diet // Collection of scientific papers of the Krasnodar Scientific Center for Animal Science and Veterinary Medicine. - 2022. - Vol. 11. - No. 1. - Pp. 256-259. DOI 10.48612/sbornik-2022-1-63. EDN HCPKHV.

4. Popov I. V., Chumakova V. V., Popova O. I., Chumakov V. F. Biologically active substances exhibiting antioxidant activity, some representatives of the Lamiaceae family, cultivated in the Stavropol Territory // Chemistry of plant raw materials. – 2019. – No. 4. – P. 163-172. DOI 10.14258/jcprm.2019045200. EDN ULYWBC.

5. Petrova O. G., Mil'shteyn I. M., Privalova D. A., Petrov K. Yu. The influence of neutral anolyte on the optimization and normalization of metabolic processes, increased survival, and increased weight gain in calves // Naukosfera. – 2022. – No. 6-1. – P. 11-18. DOI 10.5281/zenodo.6575632. EDN AGTWMM.

6. Volodkina G. M., Ivaschenko S. Yu. Effect of Vetom series probiotics on growth performance and morpho-biochemical composition of calf blood // Digitalization in the agro-industrial complex: technological resources, new opportunities and challenges of the time: collection of scientific papers based on the materials of the international scientific and practical conference. -

Tver: Tver State Agricultural Academy, 2020. - Pp. 119-122. EDN HSCCXM.

7. Zaikin V. I., Leontyev L. B. Morpho-biochemical status of the blood of newborn calves when adding a phytobiotic to their diet // Agrarian Bulletin of the North Caucasus. - 2024. - No. 1 (53). - Pp. 12-16. DOI 10.31279/2949-4796-2024-16-53-12-16. EDN WBWBMS.

8. Kazanin N. K. Growth indicators of Black-and-White calves using cranberry meal extract // Youth – to Barnaul: Proceedings of the XXIV city scientific and practical conference of young scientists. – Barnaul: Altai State University, 2023. – Pp. 770-771. EDN WOGLVW.

9. Kotarev V. I., Bryukhova I. V. Influence of an enzymatic probiotic on clinical and biochemical blood parameters and growth dynamics of calves // Transactions of the Kuban State Agrarian University. –2022. – No. 95. – Pp. DOI 10.21515/1999-1703-95-165-173. EDN AGEMNM.

10. Lashin A. P., Maksimov N. I., Syrovatsky M. V. The level of milk productivity of cows and some indicators of milk quality, against the background of the influence of compound feed additives of plant origin // Far Eastern Agrarian Bulletin. - 2024. - Vol. 18. - No. 2. - P. 89-96. DOI 10.22450/1999-6837-2024-18-2-89-96. EDN QNRRPS.

11. Maksimov N. I., Lashin A. P. Influence of vitamin supplements on indicators of dairy productivity and blood morphological composition of cattle // XV International Scientific Conference "INTERAGROMASH 2022", Rostov-on-Don, Rostov-on-Don, May 25–27, 2022. Springer, 2023. P. 79–89. EDN UWRAXF.

12. Nepriyatel A. A. Biochemical and biological properties of the blood of marals and sika deer during the antler shedding period // Veterinary Science, Animal Science, and Biotechnology. – 2018. – No. 8. – P. 30–33. EDN YGISYX.

13. Pronina G. I., Sanaya O. V. Physiological and immunological evaluation of discus fish by hematological and cytochemical parameters // Veterinary science, animal husbandry and biotechnology. - 2017. - No. 3. - P. 69-72. EDN YTCXKL.

14. Tarasov S. S., Koryagin A. S., Gavrilova A. A. The importance of p-carotene in the antioxidant protection of blood plasma of the European rabbit (Oryctolagus cuniculus) under normal conditions and under hyperthermic influence // Veterinary science, animal husbandry and biotechnology. - 2018. - No. 1. - P. 68-75. EDN YOWOON.

15. Nikolaeva N. A., Pankratov V. V., Chernogradskaya N. M., Grigoriev M. F. The use of feed additives in the diet of cows and young cattle in Yakutia // Biosciences Biotechnology Research Asia. 2015. Vol. 12, No. 2. P. 1651-1657. DOI 10.13005/bbra/1827. EDN UZTJDX.

16. Cooke R. F., Daigle C. L., Moriel P., et al. The effects of feed additives in cattle fed forage-based diets // Journal of Animal Science. 2021. Vol. 99, No. 4. DOI 10.1093/jas/skab055. EDN UXJOUL.

10.52671/26867591_2026_1_176
УДК 636.2:636.084

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ВКЛЮЧЕНИЯ ПРИРОДНЫХ КОРМОВЫХ ДОБАВОК В РАЦИОНЫ МОЛОДНЯКА МЯСНОГО НАПРАВЛЕНИЯ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА

МАКСИМОВ Н.И., д-р с.-х. наук, доцент
СЫРОВАТСКИЙ М.В., канд. с.-х. наук, доцент
БРУСНИК А.А., ассистент
ФГБОУ ВО «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К.И. Скрябина», г. Москва, Россия

EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF INCLUSION OF NATURAL FEED ADDITIVES INTO THE DIETS OF YOUNG BEEF CATTLE

MAKSIMOV N.I., Doctor of Technical Sciences, Associate Professor
SYROVATSKIY M.V., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor
BRUSNIK A.A., assistant
Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MVA named after K.I. Skryabin, Moscow, Russia

Аннотация. В работе изложены результаты экспериментальных исследований, посвящённых изучению биологической и продуктивной результативности использования натуральной кормовой добавки растительного происхождения в рационах молодняка крупного рогатого скота мясного направления. Основной задачей исследования являлась оценка влияния различных доз включения данной добавки на интенсивность роста, изменение живой массы и показатели биохимического состава крови животных в период откорма.

Эксперимент был проведён в условиях производственного хозяйства на 45 клинически здоровых бычках мясного направления в возрасте 7-8 месяцев. Животные были распределены по принципу аналогов на три группы: одну контрольную и две опытные, по 15 голов в каждой.

Бычки контрольной группы получали основной рацион без использования кормовой добавки. В рационы животных первой и второй опытных групп дополнительно вводили природную кормовую добавку растительного происхождения в количестве 1,0 и 2,0 % от сухого вещества рациона соответственно. Продолжительность опытного периода составила 90 суток. В ходе эксперимента регистрировали изменения живой массы, определяли абсолютный и среднесуточный прирост, а также проводили биохимический анализ

сыворотки крови.

Результаты исследований показали, что введение кормовой добавки в состав рационов молодняка оказало положительное влияние на показатели роста. Так, к концу опытного периода живая масса животных первой опытной группы превышала контроль на 3,2 %, а второй опытной – на 6,1 %. Абсолютный прирост живой массы также имел тенденцию к увеличению по сравнению с контрольной группой на 14,8 и 27,9 % соответственно. Одновременно отмечено повышение активности щелочной фосфатазы на 9,0 и 15,4 %, что указывает на интенсификацию ростовых процессов и активное формирование костно-мышечной ткани. Полученные результаты подтверждают целесообразность использования природных кормовых добавок растительного происхождения в кормлении молодняка мясного направления крупного рогатого скота как эффективного элемента технологии откорма, направленного на повышение продуктивности и устойчивости животноводства.

Ключевые слова: молодняк КРС, мясное направление, кормление, природные кормовые добавки, рост, биохимия крови.

Abstract. *The paper presents the results of experimental studies aimed at evaluating the biological and productive effectiveness of a natural plant-based feed additive in the diets of beef cattle young stock. The main objective of the study was to assess the effect of different inclusion levels of the feed additive on growth intensity, live weight dynamics, and blood biochemical parameters of animals during the fattening period.*

The experiment was carried out under commercial farm conditions on 45 clinically healthy beef bull calves aged 7–8 months. The animals were allocated according to the principle of analogs into three groups: one control group and two experimental groups, with 15 animals in each group.

Bull calves in the control group received a basal diet without the feed additive. Animals in the first and second experimental groups were additionally supplemented with the natural plant-based feed additive at levels of 1.0 and 2.0% of dietary dry matter, respectively. The duration of the experimental period was 90 days. During the experiment, changes in live weight were recorded, absolute and average daily gains were determined, and a biochemical analysis of blood serum was performed.

The results of the study demonstrated that the inclusion of the feed additive in the diets of young cattle had a positive effect on growth performance. By the end of the experimental period, the live weight of animals in the first experimental group exceeded that of the control group by 3.2%, while in the second experimental group it was higher by 6.1%. Absolute live weight gain also showed an increasing trend compared with the control group, by 14.8% and 27.9%, respectively. At the same time, an increase in alkaline phosphatase activity by 9.0% and 15.4% was observed, indicating intensified growth processes and active formation of bone and muscle tissue. The obtained results confirm the feasibility of using natural plant-based feed additives in feeding beef cattle young stock as an effective component of fattening technology aimed at improving productivity and sustainability of livestock production.

Keywords: *beef cattle, glutamic acid, growth and development, biochemical parameters, blood serum.*

Актуальность. В условиях интенсификации мясного скотоводства и роста требований к экономической эффективности производства говядины особое значение приобретает совершенствование системы кормления молодняка крупного рогатого скота [1-2]. Именно в период выращивания и откорма формируется уровень будущей мясной продуктивности животных, их конституциональная крепость и способность эффективно использовать питательные вещества рациона. При этом кормление молодняка должно обеспечивать не только высокие темпы роста, но и физиологическую сбалансированность обменных процессов [3-5].

В последние годы в животноводстве наблюдается тенденция к сокращению применения синтетических стимуляторов роста и к расширению использования природных кормовых средств, обладающих комплексным биологическим действием. Природные кормовые добавки растительного происхождения, содержащие биологически активные вещества, органические кислоты, фитокомпоненты и продукты ферментации, способны оказывать положительное влияние на процессы пищеварения, микробиологическую активность преджелудков, усвоение протеина и энергии, а также на общее физиологическое состояние животных. Кроме того, их использование соответствует современным требованиям к экологической безопасности и биологической полноценности продукции животноводства [6-9].

Несмотря на наличие отдельных исследований, посвящённых применению природных кормовых добавок, остаётся недостаточно изученным их дозозависимое влияние на ростовые показатели и биохимический статус крови молодняка мясного направления крупного рогатого скота. В частности, требуют уточнения оптимальные уровни включения растительных добавок в рационы, обеспечивающие максимальную продуктивную отдачу без риска метаболических нарушений [10-11]. В этой связи проведение комплексной оценки эффективности применения природных кормовых добавок в кормлении молодняка КРС является актуальной научной и практической задачей.

Целью настоящего исследования явилась оценка эффективности применения природной кормовой добавки растительного происхождения в рационах молодняка мясного направления крупного рогатого скота по показателям роста, динамики живой массы и биохимического статуса крови.

Поставленная цель предопределила решение

следующих задач:

1. Изучить влияние природной кормовой добавки растительного происхождения на динамику живой массы и абсолютный прирост молодняка мясного направления крупного рогатого скота в зависимости от уровня её включения в рацион.

2. Оценить продуктивную эффективность применения кормовой добавки путём анализа абсолютного и среднесуточного прироста живой массы животных контрольной и опытных групп.

3. Проанализировать биохимический статус сыворотки крови подопытных животных и определить влияние различных доз кормовой добавки на показатели белкового, энергетического обмена и ферментативной активности.

Материалы и методы исследования. Экспериментальные исследования проведены в условиях производственного хозяйства на молодняке крупного рогатого скота мясного направления. Для проведения опыта было отобрано 45 клинически здоровых бычков в возрасте 7–8 месяцев, со средней начальной живой массой, соответствующей возрастным и породным нормативам. Перед началом эксперимента все животные прошли ветеринарный осмотр, были дегельминтизированы и адаптированы к условиям содержания и кормления.

По схеме однофакторного рандомизированного опыта и по принципу аналогов животные были распределены на три группы по 15 голов в каждой: одну контрольную и две опытные. Контрольная группа получала основной хозяйственный рацион без применения кормовых добавок. Животные первой и второй опытных групп получали аналогичный рацион с включением природной кормовой добавки растительного происхождения в количестве 1,0 и 2,0 % от сухого вещества рациона соответственно. В качестве кормовой добавки использовали комплекс переработанного и ферментированного растительного сырья, содержащего биологически активные фитокомпоненты.

Продолжительность эксперимента составила 90 суток, включая адаптационный период. Основной период исследования был разделён на три этапа: 1–30, 31–60 и 61–90 сутки. Кормление животных осуществляли два раза в сутки в одно и то же время. Рационы были сбалансированы по энергии, протеину, минеральным веществам и витаминам в соответствии с действующими нормами кормления молодняка мясного направления. Грубые и сочные корма скармливали вволю, концентрированную часть рациона задавали с учётом средней живой массы животных [12-13].

Учёт живой массы проводили путём индивидуального взвешивания животных в утренние часы, до кормления, в начале опыта, а также в конце каждого этапа исследования. На основании полученных данных рассчитывали абсолютный и среднесуточный прирост живой массы.

Для оценки физиологического состояния животных и влияния кормовой добавки на обменные процессы в конце эксперимента проводили забор крови из яремной вены до утреннего кормления. В сыворотке крови определяли показатели белкового и энергетического обмена, а также активность ферментов: общий белок, альбумин, глобулины, глюкозу, азот мочевины, триглицериды, активность аланинаминотрансферазы (АЛТ), аспартатаминотрансферазы (АСТ) и щелочной фосфатазы. Анализы выполняли с использованием стандартных биохимических методик на автоматическом биохимическом анализаторе [14-15].

Статистическую обработку результатов проводили с помощью пакета прикладных программ «Statistica v.6.0» (Statsoft Inc., США). Различия количественных показателей между исследуемыми независимыми группами анализировали с помощью t-критерия Стьюдента.

Результаты и обсуждение. Кормление молодняка мясного направления крупного рогатого скота в течение экспериментального периода осуществлялось в соответствии с принятой схемой хозяйства. Рационы животных контрольной и опытных групп были сбалансированы по основным питательным веществам и не имели принципиальных различий по энергетической ценности и уровню сырого протеина. Основным фактором, отличающим опытные группы от контроля, являлось включение природной кормовой добавки растительного происхождения в дозах 1,0 и 2,0 % от сухого вещества рациона (табл. 1).

Анализ данных таблицы 1 показывает, что введение кормовой добавки не оказало существенного влияния на содержание сухого вещества и обменной энергии в рационах всех групп. Вместе с тем, в первой и второй опытных группах отмечено увеличение уровня переваримого протеина на 1,1 и 2,3 % соответственно по сравнению с контролем.

Данные таблицы 2 свидетельствуют о более интенсивном росте бычков опытных групп на всех этапах исследования. Уже к 30-м суткам опыта живая масса животных первой опытной группы превышала контроль на 2,7 %, а второй опытной - на 4,6 %. В дальнейшем разница между группами сохранялась и увеличивалась. К завершению эксперимента живая масса бычков первой опытной группы была выше контрольных значений на 3,2 %, а второй опытной - на 6,1 %, что указывает на выраженный дозозависимый эффект кормовой добавки.

Анализ абсолютного прироста живой массы (таблица 3) подтверждает положительное влияние природной кормовой добавки на продуктивные показатели молодняка. За весь период опыта абсолютный прирост в первой опытной группе увеличился на 14,8 %, во второй опытной - на 27,9 % по сравнению с контрольной группой. Наибольшие различия между группами зафиксированы в первые два периода откорма (1–60 сутки), когда интенсивность роста была максимальной. В третьем периоде (61–90 сутки) темпы прироста несколько снижались, что является физиологически закономерным для животных данного возраста и не снижает общей эффективности применения добавки.

Таблица 1 – Среднесуточный рацион молодняка мясного направления и его питательная ценность

Показатель	Контрольная группа	Первая опытная группа, (1,0%)	Вторая опытная группа, (2,0%)
Силос кукурузный, кг	10,0	10,0	10,0
Сенаж злаково-бобовый, кг	8,0	8,0	8,0
Сено луговое, кг	2,0	2,0	2,0
Концентратный корм, кг	3,5	3,4	3,3
Природная кормовая добавка, кг	–	0,10	0,20
Соль поваренная, г	50	50	50
Мел кормовой, г	50	50	50
Премикс витаминно-минеральный, кг	0,10	0,10	0,10
Силос кукурузный, кг	10,0	10,0	10,0
Сенаж злаково-бобовый, кг	8,0	8,0	8,0
Питательная ценность рациона			
Сухое вещество, кг	9,3	9,3	9,3
Обменная энергия, МДж	94,5	94,6	94,9
Энергетические кормовые единицы	7,4	7,4	7,4
Сырой протеин, г	1140	1140	1140
Переваримый протеин, г	880	890	900
Сахар, г	710	715	720
Крахмал, г	960	965	970
Сырая клетчатка, г	2150	2170	2190
Сырой жир, г	285	287	289
Кальций, г	54	55	56
Фосфор, г	37	38	38
Каротин, мг	510	515	520

Таблица 2 - Живая масса подопытных бычков, кг (X ± Sx; n = 15)

Период исследования	Контрольная группа	1 опытная группа	2 опытная группа
В начале опыта	268,6 ± 6,9	269,1 ± 7,1	268,8 ± 6,8
30-е сутки	292,9 ± 7,4	300,8 ± 7,6*	306,4 ± 7,8**
60-е сутки	317,8 ± 8,1	330,6 ± 8,4*	342,1 ± 8,7**
В конце опыта	341,2 ± 8,7	352,1 ± 8,9*	362,0 ± 9,2**

примечание: *p < 0,05; **p < 0,01

Таблица 3 - Абсолютный прирост живой массы, кг (X ± Sx; n = 15)

Период исследования	Контрольная группа	1 опытная группа	2 опытная группа
1–30 сутки	24,3 ± 1,2	31,7 ± 1,4*	37,6 ± 1,6**
31–60 сутки	24,9 ± 1,3	29,8 ± 1,5*	35,7 ± 1,7**
61–90 сутки	23,4 ± 1,4	20,5 ± 1,6	18,7 ± 1,8
За весь период	72,6 ± 2,9	83,3 ± 3,1*	92,8 ± 3,4**

примечание: *p < 0,05; **p < 0,01

Таблица 4 – Показатели биохимического статуса крови бычков (X ± Sx; n = 15)

Показатель	Контрольная группа	1 опытная группа	2 опытная группа
Общий белок, г/л	71,8 ± 2,2	73,9 ± 2,1	75,6 ± 2,0
Альбумин, г/л	34,4 ± 1,3	35,2 ± 1,2	36,0 ± 1,1
Глобулины, г/л	37,4 ± 1,6	38,7 ± 1,5	39,6 ± 1,4
Глюкоза, ммоль/л	3,6 ± 0,20	3,7 ± 0,18	3,9 ± 0,17
Азот мочевины, ммоль/л	4,9 ± 0,31	5,0 ± 0,28	5,1 ± 0,26
Триглицериды, ммоль/л	0,42 ± 0,05	0,40 ± 0,04	0,39 ± 0,04
АЛТ, Ед/л	27,2 ± 2,5	28,1 ± 2,3	28,6 ± 2,2
АСТ, Ед/л	65,1 ± 3,7	66,4 ± 3,5	67,2 ± 3,4
Щелочная фосфатаза, Ед/л	198,4 ± 11,6	216,2 ± 12,0*	228,9 ± 12,4**

примечание: *p < 0,05; **p < 0,01

Оценка биохимических показателей сыворотки крови (таблица 4) показала, что все исследуемые параметры находились в пределах физиологической нормы, что свидетельствует об отсутствии негативного влияния кормовой добавки на обмен веществ. В опытных группах отмечено повышение концентрации общего белка на 2,9 и 5,3 % соответственно, что указывает на улучшение белкового обмена. Активность щелочной фосфатазы возросла на 9,0 % в первой и на 15,4 % во второй опытной группе по сравнению с контролем, что коррелирует с более высокими темпами роста и отражает активизацию процессов формирования костной и мышечной ткани. Существенных различий по активности АЛТ и АСТ не выявлено, что подтверждает функциональную стабильность печени у подопытных животных. В целом полученные данные свидетельствуют о том, что применение природной кормовой добавки растительного происхождения способствует улучшению использования питательных веществ рациона, интенсификации ростовых процессов и поддержанию метаболического гомеостаза у молодняка мясного направления крупного рогатого скота.

Заключение. Проведённые исследования показали, что включение природной кормовой добавки растительного происхождения в рационы молодняка мясного направления крупного рогатого скота оказывает выраженное положительное влияние на ростовые и физиолого-биохимические показатели животных. Установлено, что применение кормовой добавки в дозах 1,0 и 2,0 % от сухого вещества рациона способствует интенсификации процессов роста и более эффективному использованию питательных веществ рациона по сравнению с контрольной группой.

Анализ динамики живой массы показал, что к завершению эксперимента живая масса бычков первой опытной группы превышала контрольные значения на 3,2 %, тогда как во второй опытной группе данный показатель был выше на 6,1 %. Абсолютный прирост живой массы за весь период опыта увеличился на 14,8 % при включении кормовой добавки в дозе 1,0 % и на 27,9 % при дозе 2,0 % от сухого вещества рациона, что свидетельствует о выраженном дозозависимом эффекте.

Улучшение ростовых показателей сопровождалось оптимизацией обменных процессов. В опытных группах отмечено повышение концентрации общего белка в сыворотке крови на 2,9 и 5,3 % соответственно, что указывает на более интенсивный белковый обмен. Активность щелочной фосфатазы возросла на 9,0 % в первой и на 15,4 % во второй опытной группе по сравнению с контролем, отражая усиление процессов формирования костной и мышечной ткани. При этом показатели активности аланинаминотрансферазы и аспартатаминотрансферазы, а также концентрации глюкозы, азота мочевины и триглицеридов находились в пределах физиологической нормы, что свидетельствует об отсутствии отрицательного влияния кормовой добавки на функциональное состояние печени и общий метаболический статус животных.

С точки зрения структуры рационов, введение природной кормовой добавки обеспечило повышение уровня переваримого протеина на 1,1–2,3 % без изменения энергетической ценности кормления, что указывает на улучшение качественного состава азотной фракции рациона и более рациональное использование кормовых ресурсов. Наиболее выраженный положительный эффект получен при дозе 2,0 % от сухого вещества рациона, при которой достигнуто оптимальное соотношение между интенсивностью роста и метаболической стабильностью организма молодняка.

В целом результаты исследования позволяют рекомендовать применение природной кормовой добавки растительного происхождения в дозе 2,0 % от сухого вещества рациона в практике откорма молодняка мясного направления крупного рогатого скота как биологически безопасный и эффективный приём повышения продуктивности, способствующий увеличению выхода продукции и устойчивости технологий мясного скотоводства.

Список литературы

1. Пашетко А. В., Горелик О. В. Эффективность применения природных кормовых добавок в кормлении молодняка крупного рогатого скота // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2014. – № 1(45). – С. 102-105. – EDN RWUVWR.

2. Плешков В. А., Белова С. Н. S. N., Миронов А. Н. Использование белково-витаминно-минеральной кормовой добавки с пробиотиком "БиоДарин" в кормлении молодняка крупного рогатого скота // Молочнохозяйственный вестник. – 2022. – № 2(46). – С. 115-130. – DOI 10.52231/2225-4269_2021_3_115. – EDN YIOZUF.

3. Григорьев М. Ф., Григорьева А. И. Эффективность нетрадиционных кормовых добавок в кормлении крупного рогатого // Вестник АГАТУ. – 2021. – № 3(3). – С. 27-31. – EDN DXNXFA.

4. Гумеров А. Б., Белооков А. А. Применение микробиологических кормовых добавок в кормлении крупного рогатого скота // Молодежь и наука. – 2018. – № 2. – С. 66. – EDN XTXAVV.

5. Латыпова Э. Х., Миронова И. В. Влияние витаминно-минеральных добавок в рационе кормления крупного рогатого скота на качество молока и молочных продуктов // Техника и технологии в животноводстве. – 2023. – № 4(52). – С. 42-47. – DOI 10.22314/27132064-2023-4-42. – EDN IVBPOS.

6. Волков В. В., Ярмоц Г. А., Беленькая А. Е. Эффективность применения комплексной кормовой добавки на основе сапропеля в кормлении крупного рогатого скота // Вестник Башкирского государственного

аграрного университета. – 2023. – № 4(68). – С. 72-76. – DOI 10.31563/1684-7628-2023-68-4-72-76. – EDN PSYAIO.

7. Ferraz Junior M. V. C., Carvalho P. H. V. Use of feed additives to improve feed efficiency and growth of feedlot cattle // Archivos Latinoamericanos de Producción Animal. – 2022. – Vol. 30, No. Supl. 1. – P. 27-35. – DOI 10.53588/alpa.300503. – EDN FELJRJ.

8. Gorlov I. F., Lebedev A. T., Galkov V. Y. [et al.] Effects of feed additives "Yoddar-Zn" and "Glimalask-Vet" on the productivity of beef cattle // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2016. – Vol. 7, No. 5. – P. 2518-2522. – EDN XFLSQV.

9. / Silvestre A. M., Souza J. M., Millen D. D. Adoption of adaptation protocols and feed additives to improve performance of feedlot cattle // Journal of Applied Animal Research. – 2023. – Vol. 51, No. 1. – P. 282-299. – DOI 10.1080/09712119.2023.2191679. – EDN SQAUDS.

10. Максимов Н. И., Лашин А. П., Сыроватский М. В. Изменение показателей живой массы и биохимического статуса телят при использовании цикориевой кислоты // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. – 2025. – № 1. – С. 101-108. – DOI 10.36871/vet.zoo.bio.202501111. – EDN RPASML.

11. Максимов Н. И., Лашин А. П., Сыроватский М. В. Влияние комбинированного премикса на продуктивность крупного рогатого скота молочного направления // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. – 2024. – № 6. – С. 105-111. – DOI 10.36871/vet.zoo.bio.202406013. – EDN AJMJDH.

12. Максимов Н. И., Сыроватский М. В., Быков Д. В. [и др.]. Кормопроизводство: вредные и ядовитые растения: учебно-методическое пособие для практических занятий и самостоятельной работы студентов по направлению подготовки 36.03.02 зоотехния. – М: ООО «Академия Принт», 2025. – 76 с. – ISBN 978-5-605-06825-9. – EDN ZNQPDT.

13. Эффективность использования фитобиотической кормовой добавки в рационах мелкого рогатого скота / В. П. Короткий, Ю. Н. Прытков, А. А. Кистина [и др.] // Зоотехния. – 2024. – № 1. – С. 20-24. – DOI 10.25708/ZT.2023.57.64.007. – EDN BTNYFU.

14. Влияние кормовой добавки на гематологические и продуктивные качества молодняка крупного рогатого скота / Р. Р. Фаткуллин, А. А. Белооков, Е. М. Ермолова [и др.] // Аграрная наука. – 2023. – № 7. – С. 48-52. – DOI 10.32634/0869-8155-2023-372-7-48-52. – EDN VMDGZT.

15. Буряков Н., Бурякова М., Загарин А., Алешин Д. Кормовая добавка в кормлении молочного скота // Ветеринария сельскохозяйственных животных. – 2023. – № 3. – С. 40-44. – EDN MZKWJH.

References

1. Pashetko A. V., Gorelik O. V. Efficiency of using natural feed additives in feeding young cattle // Bulletin of the Orenburg State Agrarian University. - 2014. - No. 1 (45). - Pp. 102-105. - EDN RWUVWR.

2. Pleshkov V. A., Belova S. N., Mironov A. N. Use of protein-vitamin-mineral feed additive with probiotic "BioDarin" in feeding young cattle // Dairy Farming Bulletin. - 2022. - No. 2 (46). - Pp. 115-130. - DOI 10.52231/2225-4269_2021_3_115. – EDN YIOZUF.

3. Grigoriev M. F., Grigorieva A. I. Efficiency of unconventional feed additives in cattle feeding // AGATU Bulletin. – 2021. – No. 3(3). – P. 27-31. – EDN DXNXFA.

4. Gumerov A. B., Belookov A. A. Use of microbiological feed additives in cattle feeding // Youth and Science. – 2018. – No. 2. – P. 66. – EDN XTXAVV.

5. Latypova E. Kh., Mironova I. V. Influence of vitamin and mineral supplements in the cattle diet on the quality of milk and dairy products // Equipment and technologies in animal husbandry. – 2023. – No. 4(52). – P. 42-47. – DOI 10.22314/27132064-2023-4-42. – EDN IVBPOS.

6. Volkov V. V., Yarmots G. A., Belenkaya A. E. Efficiency of using a complex feed additive based on sapropel in feeding cattle // Bulletin of the Bashkir State Agrarian University. – 2023. – No. 4(68). – P. 72-76. – DOI 10.31563/1684-7628-2023-68-4-72-76. – EDN PSYAIO.

7. Ferraz Junior M. V. C., Carvalho P. H. V. Use of feed additives to improve feed efficiency and growth of feedlot cattle // Archivos Latinoamericanos de Producción Animal. – 2022. – Vol. 30, No. Supl. 1. – P. 27-35. – DOI 10.53588/alpa.300503. – EDN FELJRJ.

8. Gorlov I. F., Lebedev A. T., Galkov V. Y. [et al.] Effects of feed additives "Yoddar-Zn" and "Glimalask-Vet" on the productivity of beef cattle // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2016. – Vol. 7, No. 5. – P. 2518-2522. – EDN XFLSQV.

9. / Silvestre A. M., Souza J. M., Millen D. D. Adoption of adaptation protocols and feed additives to improve performance of feedlot cattle // Journal of Applied Animal Research. - 2023. - Vol. 51, No. 1. - P. 282-299. - DOI 10.1080/09712119.2023.2191679. - EDN SQAUDS.

10. Maksimov N. I., Lashin A. P., Syrovatsky M. V. Changes in live weight indicators and biochemical status of calves when using chicoric acid // Veterinary science, animal science and biotechnology. - 2025. - No. 1. - P. 101-108. – DOI 10.36871/vet.zoo.bio.202501111. – EDN RPASML.

11. Maksimov N. I., Lashin A. P., Syrovatsky M. V. Influence of a combined premix on the productivity of dairy cattle // Veterinary science, animal husbandry and biotechnology. – 2024. – No. 6. – P. 105-111. – DOI 10.36871/vet.zoo.bio.202406013. – EDN AJMJDH.

12. Maksimov N. I., Syrovatsky M. V., Bykov D. V. [et al.]. Forage production: harmful and poisonous plants: a

teaching aid for practical classes and independent work of students in the field of training 36.03.02 animal science. - M: OOO "Akademiya Print", 2025. - 76 p. - ISBN 978-5-605-06825-9. - EDN ZNQPDT.

13. Efficiency of using a phytobiotic feed additive in the diets of small cattle / V. P. Korotkiy, Yu. N. Prytkov, A. A. Kistina [et al.] // Animal Science. - 2024. - No. 1. - Pp. 20-24. - DOI 10.25708/ZT.2023.57.64.007. - EDN BTNYFU.

14. The influence of feed additive on the hematological and productive qualities of young cattle / R. R. Fatkullin, A. A. Belookov, E. M. Ermolova [et al.] // Agrarian science. - 2023. - No. 7. - P. 48-52. - DOI 10.32634/0869-8155-2023-372-7-48-52. - EDN VMDGZT.

15. Buryakov N., Buryakova M., Zagarin A., Aleshin D. Feed additive in feeding dairy cattle // Veterinary science of agricultural animals. - 2023. - No. 3. - P. 40-44. - EDN MZKWJH.

10.52671/26867591_2026_1_182
УДК 575.112

СОВРЕМЕННЫЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТОКСИЧНОСТИ ХИМИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

СМИРНОВА Е.А. канд. биол. наук, доцент
ГОРШУНОВА С.В. канд. с.-х. наук, доцент
БУЗМАКОВА Н.А. ассистент
ФГБОУ ВО МГАВМиБ МВА-им. К.И. Скрябина, г. Москва, Россия

MODERN DIGITAL METHODS FOR PREDICTING THE TOXICITY OF CHEMICAL COMPOUNDS

SMIRNOVA E.A., Candidate of Biological Sciences, Associate Professor
GORSHUNOVA S.V., Candidate of Biological Sciences, Associate Professor
BUZMAKOVA N.A., Assistant
Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology, Moscow, Russia

Аннотация. В обзорной статье обобщены современные биоинформатические и хемоинформатические подходы к in silico-прогнозированию токсичности химических соединений и показано, как корректно применять их на ранних стадиях разработки лекарственных средств, агрохимикатов и промышленных веществ. На основе анализа научных публикаций и открытых баз данных рассмотрены QSAR-моделирование, молекулярный докинг и обратный докинг, токсикогеномика и анализ ‘omics-данных, сетевой анализ путей и белок-белковых взаимодействий, а также методы машинного обучения. Систематизированы типовые сценарии использования ресурсов PubChem, ChEMBL, PDB, Open TG-GATEs, STRING, BioGRID, KEGG и Reactome и обсуждены условия их сопоставимого применения. Особое внимание уделено ограничениям вычислительных моделей: смещениям выборок, утечкам при разделении данных, области применимости, дисбалансу классов, переобучению, неопределённости предсказаний и переносимости между химическими сериями. Сформулированы практические рекомендации по валидации, включая внешние тесты, scaffold-split, подбор метрик для редких исходов (PR-AUC), калибровку вероятностей и оценку доверительных интервалов. Показано, что интеграция структурных, транскриптомных и сетевых признаков с ИИ повышает информативность механистических гипотез и помогает приоритизировать соединения для последующей экспериментальной проверки при строгом контроле качества данных и воспроизводимости. Практическая область применения включает первичный скрининг токсичности, раннее исключение кардиотоксичных кандидатов по признакам hERG-риска, анализ возможных off-target-мишеней, интерпретацию профилей экспрессии и выявление ключевых узлов сети, а также формирование приоритетного плана in vitro и in vivo экспериментов. с учетом регуляторных требований и биобезопасности.

Ключевые слова: биоинформатика, in silico моделирование, прогнозирование токсичности, молекулярный докинг, токсикогеномика, белок-белковые взаимодействия, анализ молекулярных путей, искусственный интеллект.

Abstract. *This review summarizes current bioinformatics and chemoinformatics approaches to in silico toxicity prediction for chemical compounds and explains how to apply them responsibly at early stages of drug, agrochemical, and industrial chemical development. Based on peer-reviewed literature and open resources, we cover QSAR modeling, molecular and inverse docking, toxicogenomics and other ’omics data analysis, pathway and protein–protein interaction networks, and machine-learning methods. We outline common workflows built around PubChem, ChEMBL, the Protein Data Bank, Open TG-GATEs, STRING, BioGRID, KEGG, and Reactome, and discuss conditions for comparable use across studies. Key pitfalls are systematized, including dataset bias, information leakage during splitting, applicability-domain limits, class imbalance, overfitting, prediction uncertainty, and poor transferability across chemical series. Practical validation recommendations are provided, emphasizing external test sets, scaffold splits, appropriate metrics for rare outcomes (PR-AUC), probability calibration, and uncertainty quantification. We*

conclude that integrating structural, transcriptomic, and network features with AI can improve the interpretability of mechanistic hypotheses and prioritize compounds for experimental follow-up, provided that data quality, provenance, and reproducibility are strictly controlled. Typical applications include early toxicity screening, hERG-related cardiotoxicity triage, off-target target identification, pathway impact assessment, and designing a plan of in vitro and in vivo studies aligned with regulatory expectations.

Keywords: *bioinformatics, in silico modeling, toxicity prediction, molecular docking, toxicogenomics, protein–protein interactions, pathway analysis, artificial intelligence*

Введение

Безопасность является приоритетным направлением в процессе разработки новых фармацевтических соединений, агрохимикатов и промышленных химикатов. Традиционные методы оценки токсичности, основанные на экспериментах на животных, дорогостоящи, длительны и не всегда коррелируют с человеческой физиологией [1]. Это стимулировало активное развитие вычислительных методов (in silico) прогнозирования [2,3]. В настоящем обзоре термин «биоинформатика» используется в широком смысле и охватывает как хемоинформатические методы (QSAR), системно-биологические подходы, включающие токсикогеномику, анализ омикс-данных и сетей молекулярных взаимодействий. В течение десятилетий доминирующим подходом были методы количественного анализа взаимосвязи структура-свойство (QSAR). Эти модели, основанные на молекулярных свойствах, учатся предсказывать токсичность по аналогии с известными соединениями. Несмотря на свою полезность, классические QSAR-модели имеют фундаментальные ограничения: они не раскрывают биологических механизмов токсичности, и их предсказательная сила резко падает для соединений с новыми, не представленными ранее структурными фрагментами [4]. Направление современных исследований смещается с простой количественной оценки токсичности на глубинное изучение её молекулярных механизмов. Эта динамика потребовала разработки и внедрения новых методов, которые используют данные о биологических системах – от отдельных макромолекул до целых клеточных сетей.

Методы исследований

Цель работы. Анализ данных литературных источников с целью изучения ключевых биоинформатических подходов, определяющих современное состояние науки в области прогнозирования токсичности соединений и объяснения их биологических механизмов действия.

В рамках настоящего исследования был проведен системный анализ актуальной научной литературы, посвященной современным биоинформатическим и in silico-подходам к прогнозированию токсичности химических соединений. Поиск литературных источников осуществлялся в международных базах данных PubMed, ScienceDirect, Scopus и Web of Science. Анализируемый временной период охватывал публикации с 2000 по 2025 гг., что позволило проследить эволюцию вычислительных подходов от классических QSAR-моделей к современным методам искусственного интеллекта. В обзор включались оригинальные исследовательские статьи и обзорные публикации, опубликованные в рецензируемых научных журналах на английском языке. Критериями включения являлись применение биоинформатических или вычислительных методов для оценки токсичности; наличие описания молекулярных механизмов токсического действия; использование экспериментально верифицированных данных или признанных биологических баз данных. Анализ проводился с использованием методов сравнительного анализа, логической систематизации и индуктивного обобщения, что позволило выделить основные методологические направления, их преимущества, ограничения и перспективы применения в современной токсикологии.

Результаты. Анализ молекулярных механизмов токсичности, как правило, начинается с попытки установить, с какими белковыми мишенями взаимодействует химическое соединение. В этом контексте методы структурной биоинформатики, прежде всего молекулярный докинг, рассматриваются как инструмент оценки потенциальных взаимодействий между малой молекулой и белками, ассоциированными с развитием нежелательных эффектов. Поскольку многие токсические эффекты возникают из-за специфического нарушения функции ключевых белков, поиск этих мишеней становится логическим первым шагом в понимании причины токсичности [5,6,7]. Для компьютерного моделирования связывания лигандов с определенными сайтами белков применяется метод молекулярного докинга. В прогнозировании токсичности докинг используется для скрининга соединений против панели белков, ассоциированных с нежелательными эффектами. Для проведения молекулярного докинга необходимы пространственные структуры белков-мишеней, полученные экспериментально методами рентгеноструктурного анализа или криоэлектронной микроскопии и доступные в общедоступных структурных репозиториях, прежде всего в базе Protein Data Bank [8]. В случаях отсутствия экспериментальных структур используются вычислительно предсказанные модели, в том числе структуры, полученные с помощью алгоритма AlphaFold [9]. В качестве лигандов выступают трёхмерные структуры исследуемых химических соединений, которые генерируются на основе их двумерных химических формул с использованием стандартных хемоинформатических инструментов, либо загружаются из специализированных баз данных, например, PubChem, ChEMBL [10,11]. Результатом молекулярного докинга являются предполагаемые позы связывания лиганда в сайте

белка, а также численные оценки, отражающие относительную энергию или аффинность взаимодействия. Эти показатели используются для ранжирования соединений по вероятности взаимодействия с конкретной мишенью, однако не позволяют напрямую количественно предсказать степень токсического эффекта или его проявление на уровне клетки или организма. Одним из хорошо изученных примеров применения молекулярного докинга в токсикологии является анализ лекарственно-индуцированной кардиотоксичности, связанной с блокадой hERG-калиевого канала. Также была показана структурная основа взаимодействия ряда лекарственных соединений с данным каналом, что впоследствии легло в основу вычислительных подходов к прогнозированию риска удлинения интервала QT[12]. Современные исследования также демонстрируют использование докинга в более широком контексте. Например, для пищевого загрязнителя акриламида с помощью молекулярного докинга выявили его способность к высокоаффинному связыванию с белками-мишенями, такими как EGFR и COL1A1, что указывает на потенциальный механизм нарушения сигнальных путей (PI3K-Akt, HIF-1), ассоциированных с канцерогенезом[13]. Аналогичный подход, примененный для полиэтилентерефталатных микрочастиц (ПЭТ-МП), показал их взаимодействие с ключевыми регуляторами апоптоза (CASP3) и сигнальными адаптерами (GRB2), что может объяснять механизм усугубления диабетической нефропатии [14]. Следует отметить, что результаты молекулярного докинга носят гипотетический характер и не являются прямым доказательством реализации соответствующих взаимодействий в живой клетке. Качество и воспроизводимость докинговых предсказаний существенно зависят от точности пространственной структуры белка, корректного задания протонирования, учёта молекул воды в сайте связывания, а также используемых скоринговых функций, что может приводить к ложноположительным результатам. Таким образом, молекулярный докинг целесообразно рассматривать преимущественно как инструмент генерации гипотез о потенциальных молекулярных мишенях токсичности, требующих последующего подтверждения с использованием in vitro-экспериментов, токсикогеномных данных или функциональных биологических тестов.

В отличие от структурных подходов, ориентированных на анализ отдельных молекулярных мишеней, токсикогеномные методы направлены на изучение комплексного клеточного ответа на воздействие химических соединений. Например, предложенный метод анализа обогащения (англ. Gene Set Enrichment Analysis, GSEA) позволяет оценить, оказывает ли соединение статистически значимое влияние на заранее определенные наборы генов, объединенные общим биологическим путем, молекулярной функцией или клеточным компонентом. GSEA применяется для выявления обогащения биологических процессов при воздействии химических соединений. На вход GSEA поступают данные о профилях экспрессии генов, полученные с помощью высокопроизводительных транскриптомных экспериментов на клетках или тканях человека, крыс и мышей. На выходе метод даёт списки обогащённых биологических процессов, включая реакции на стресс, метаболические процессы и пути апоптоза, что позволяет обнаруживать молекулярные механизмы, чувствительные к химическим веществам [15]. Вместе с тем результаты GSEA в токсикогеномных исследованиях имеют ряд ограничений. Точность анализа во многом зависит от качества исходных транскриптомных данных, поскольку ошибки в эксперименте или обработке данных могут искажать наблюдаемые изменения экспрессии генов. Существенную роль играют также различия между видами модельных организмов и человеком, а также зависимость клеточного ответа от дозы и времени воздействия химического соединения, что затрудняет прямую интерпретацию результатов. Кроме того, при анализе большого числа генов сохраняется риск случайных статистических эффектов. Эти ограничения обычно учитываются за счёт, анализа нескольких доз и временных точек, сопоставления результатов, полученных в разных моделях, а также подтверждения выявленных закономерностей на независимых наборах данных [16]. В практических исследованиях токсикогеномика использует крупные базы транскриптомных данных, такие как TG-GATEs (Toxicogenomics Project-Genomics Assisted Toxicity Evaluation System), которые содержат профили экспрессии генов сотен химических соединений. Эти данные позволяют анализировать реакции клеток и тканей на химическое воздействие и выявлять обогащённые биологические пути. Например, TG-GATEs включает данные о лекарственных соединениях, способных вызывать поражение печени, что позволяет исследовать генетические маркеры гепатотоксичности [17,18].

Переход от изучения отдельных молекулярных событий к анализу системных нарушений в клетке обеспечивают методы анализа сетей белок-белковых взаимодействий и молекулярных путей [19]. Данный подход основан на концепции, что токсичность является следствием нарушения работы не отдельных белков или генов, а целых функциональных модулей и биологических путей. Анализ сетей белок-белковых взаимодействий (англ. protein-protein interaction, PPI) позволяет оценить потенциальное влияние токсичного соединения на стабильность всей клеточной системы. На вход таких методов, как правило, подаются списки белков или генов, ассоциированных с воздействием исследуемого соединения, полученные из экспериментальных данных.

Используя данные из таких международных баз, как STRING, BioGRID и др. (табл. 1), исследователи строят сети взаимодействий для белков-мишеней изучаемого соединения [21,22]. Анализ молекулярных путей фокусируется на выявлении специфических биологических путей,

нарушаемых при токсическом воздействии. В настоящее время разработаны специальные базы данных, такие как KEGG и Reactome, в которых хранятся структурированные сведения о биологических путях, включая картированные молекулярные взаимодействия, метаболические, сигнальные и регуляторные цепочки, а также данные о генах, белках, метаболитах и их функциональных связях [23,24]. Эти ресурсы содержат информацию о заболеваниях, связанной с нарушением биологических процессов, и включают данные о воздействии химических соединений, лекарств и токсинов на клеточные пути, что делает их ценными инструментами для интерпретации результатов биомедицинских исследований, анализа токсичности и выявления механизмов действия веществ. Пример использования анализа молекулярных путей можно найти в исследовании, где рассматривается токсикологическое влияние химических веществ, нарушающих работу эндокринной системы, с акцентом на их молекулярные механизмы действия [25]. Авторы систематизировали и представили в виде схем ключевые сигнальные каскады, связанные с воздействием таких веществ, как бисфенол А, фталаты и нонилфенол. Это позволило выявить, что эндокринные дизрапторы не только нарушают гормональный баланс, но и способствуют развитию ожирения и онкологических заболеваний через влияние на рецепторы эстрогена и PPAR, а также через изменения в экспрессии генов, регулирующих клеточный цикл и дифференцировку адипоцитов. Следует учитывать, что результаты сетевого и путевого анализа в токсикологии ограничены не только объёмом и качеством входных данных, но и их биологическим контекстом. PPI-базы взаимодействий обычно не привязаны к конкретным типам тканей, физиологическим состояниям или условиям воздействия вещества, что затрудняет моделирование реалистичных клеточных сетей и фенотипов [26]. Количественные данные показывают, что в среднем до 55% белковых пар, внесённых в базы данных как проверенные взаимодействия, в независимых экспериментах не показывают никаких признаков взаимодействия [27]. Чтобы снизить риски, необходимо использовать интеграцию данных из нескольких PPI-баз, сопоставлять результаты различных методов детекции взаимодействий [28] и анализировать обогащения путей в совокупности с независимыми экспериментальными данными, включая транскриптомику и функциональные тесты [29].

Таблица 1 – Основные биологические базы данных, используемые в in silico-токсикологии

№	Название	Основное назначение	Пример использования в токсикологии
1	TG-GATEs	Транскриптомные данные для оценки токсичности химикатов	Обучение моделей GSEA, построение сигнатур токсичности
2	STRING	База взаимодействий белков (PPI)	Построение сетей мишеней, выявление функциональных модулей
3	KEGG	Картирование биологических путей, метаболизма, регуляции	Анализ нарушения сигнальных каскадов (например, PI3K-Akt, HIF-1)
4	Reactome	Детализированные пути, события, реакции в клетке	Интерпретация механизмов действия эндокринных диэрапторов
5	BioGRID	Кураторские данные о взаимодействиях генов, белков, химикатов	Валидация мишеней, поиск вторичных эффектов

В последние годы в области прогнозирования токсичности большое внимание уделяется интегративным вычислительным подходам, которые объединяют данные различных уровней – от химической структуры до системных клеточных ответов [30]. Основным элементом таких интегративных стратегий становятся модели искусственного интеллекта (ИИ), которые позволяют специалистам анализировать разнородные биологические данные, выявляя закономерности в геномике, транскриптомике, протеомике и метаболомике [31]. Модели должны проходить строгую валидацию, чтобы их предсказания были объективно надёжны и воспроизводимы. При обучении модели исходный набор данных обычно делится на обучающую и контрольную части, причём последняя не используется при подборе параметров, чтобы избежать «утечки информации» – ситуации, когда модель во время разработки опирается на данные, которые не будут доступны при реальном использовании, что может привести к завышенной оценке её эффективности. Кроме случайного разбиения примеров, для химических соединений часто применяют scaffold split, при котором схожие по структуре соединения попадают только в одну часть данных. Выбор критериев качества модели зависит от задачи: для классификационных проблем, где модель предсказывает вероятность наступления конкретного токсического исхода, стандартно используют такие показатели, как ROC-AUC и PR-AUC, которые отражает способность модели различать классы. Для регрессионных задач, например предсказания количественных биомаркеров, применяются метрики, такие как RMSE (среднеквадратическая ошибка) или MAE (средняя абсолютная ошибка), которые дают численное представление о расхождениях между

предсказанными и фактическими значениями. Например, исследователи построили модель на транскриптомных профилях 3708 образцов in vivo, полученных после воздействия 41 препарата на печень и почки [32]. Модель предсказывает вероятность развития конкретных патологических исходов (например, билиарной гиперплазии, фиброза или некроза) для каждого образца. Результаты показали, что алгоритм правильно различает образцы с и без патологии в 88% случаев при случайной паре образцов (ROC-AUC). Более того, модели могут применяться в ускорении решения фундаментальных задач структурной биоинформатики. Так, алгоритм AlphaFold предсказывает трёхмерную структуру белка на основе аминокислотной последовательности. На выходе модель выдаёт пространственную структуру с оценкой уверенности для каждого остатка, что позволяет оценить надёжность предсказания. Для многих глобулярных белков точность предсказаний близка к экспериментальным данным, например в CASP14 среднее отклонение атомов было менее 0,1 нм, что сравнимо с размером атома углерода (0,14 нм), однако метод хуже справляется с белками, которые работают в составе комплексов, изменяют форму или содержат участки, не имеющими чёткой структуры [9,33]. Другим примером служат специализированные глубокие модели, разработанные для ускорения структурной оценки взаимодействий между лигандами и белками, например DiffDock [34]. По оценкам авторов на стандартном наборе структурных комплексов PDBBind [35] Диффузионные генеративные модели для docking показывают конкурентную точность случаев в наборе данных. Хотя DiffDock демонстрирует высокую точность на тестовых данных, критика указывает на сильное совпадение тренировочных и тестовых примеров и некорректное сравнение с классическими методами, что ограничивает обобщаемость результатов [36].

Несмотря на значительный прогресс вычислительных методов, каждый из рассмотренных подходов обладает собственными ограничениями (табл. 2). Молекулярный докинг зависит от точности пространственных структур белков и применяемых алгоритмов, что может приводить к ложноположительным результатам. Токсикогеномные методы чувствительны к экспериментальным условиям и межлабораторной вариабельности, а методы искусственного интеллекта требуют больших объёмов качественно аннотированных данных и часто характеризуются ограниченной интерпретируемостью. В связи с этим наиболее перспективным направлением представляется интеграция различных биоинформатических подходов, позволяющая компенсировать ограничения отдельных методов и формировать более надёжные и биологически обоснованные модели прогнозирования токсичности.

Таблица 2 – Сравнительная характеристика биоинформатических подходов к прогнозированию токсичности

№	Подход	Тип входных данных	Основная задача	Преимущества	Ограничения
1	QSAR	Химическая структура, молекулярные дескрипторы	Количественное предсказание токсичности	Высокая скорость, масштабируемость	Сложность интерпретации, ограниченная применимость к новым химическим классам
2	Молекулярный докинг	Объемные структуры белков и лигандов	Идентификация молекулярных мишеней	Механистическая интерпретируемость, связь с биологическими эффектами	Зависимость от качества структурных данных, приближённые алгоритмы
3	Токсикогеномика	Транскриптомные сигнатуры	Анализ системного клеточного ответа	Выявление биологических путей и сигнатур токсичности	Чувствительность к экспериментальным условиям и биологической модели
4	Анализ PPI и путей	Сети взаимодействий и биологические пути	Оценка системных нарушений	Системный уровень анализа, интеграция разнородных данных	Ограниченность информации о взаимодействиях и биологических путях
5	ИИ-модели	Мультиомные и структурные данные	Интегративное прогнозирование	Высокая точность, выявление сложных зависимостей	Сложность интерпретации, необходимость в больших данных

Заключение. Проведенный анализ демонстрирует эволюцию подходов к прогнозированию токсичности – от классических QSAR-методов к современным биоинформатическим стратегиям, позволяющим не только предсказывать токсические эффекты, но и раскрывать их молекулярные механизмы. Рассмотренные подходы образуют взаимодополняющий методологический комплекс. Современные вычислительные методы позволяют перейти от простой регистрации токсичности к системному пониманию биологических процессов, лежащих в ее основе. Интеграция разноуровневых данных формирует новое направление в оценке безопасности химических соединений. Особую перспективу представляют методы искусственного интеллекта, способные не только интегрировать разнородные данные, но и решать фундаментальные задачи структурной биологии, такие как предсказание пространственной структуры белков и молекулярный докинг. Дальнейшее развитие области связано с совершенствованием интегративных платформ, увеличением объема и качества данных для построения моделей и анализа, а также с созданием инструментов интерпретации результатов, предоставляющих специалистам не только прогноз, но и корректное объяснение механизмов токсичности. Внедрение этих подходов в доклинические исследования позволит ускорить разработку безопасных соединений и сократить использование традиционных тестов на животных.

Список литературы

1.Olson H., Betton G., Robinson D., et al. Concordance of the toxicity of pharmaceuticals in humans and in animals. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*. 2000;32(1):56–67. doi:10.1006/rtph.2000.1399

2.Raies A.B., Bajic V.B. In silico toxicology: computational methods for the prediction of chemical toxicity. *WIREs Computational Molecular Science*. 2016;6(2):147–172. doi:10.1002/wcms.1240

3.Neves B.J., Braga R.C., Melo-Filho C.C., et al. QSAR-based virtual screening: advances and applications in drug discovery. *Frontiers in Pharmacology*. 2018;9:1275. doi:10.3389/fphar.2018.01275

4.Gramatica P. Principles of QSAR models validation: internal and external. QSAR & Combinatorial Science. 2007;26(5):694–701. doi:10.1002/qsar.200610151.

5.Chen Y.Z., Ung C.Y. Prediction of potential toxicity and side effect protein targets of a small molecule by a ligand–protein inverse docking approach. *Journal of Molecular Graphics and Modelling*. 2001;20(3):199–218.

6.Chen Y.Z., Zhi D.G. Ligand–protein inverse docking and its potential use in the computer search of protein targets of a small molecule. *Proteins*. 2001;43(2):217–226.

7.Pinzi L., Rastelli G. Molecular docking: shifting paradigms in drug discovery. *International Journal of Molecular Sciences*. 2019;20(18):4331. doi:10.3390/ijms20184331

8.Burley S.K., Berman H.M., Bhikadiya C., et al. Protein Data Bank: the single global archive for 3D macromolecular structure data. *Nucleic Acids Research*. 2019;47(D1):D520–D528. doi:10.1093/nar/gky949

9.Jumper J., Evans R., Pritzel A., et al. Highly accurate protein structure prediction with AlphaFold. *Nature*. 2021;596:583–589. doi:10.1038/s41586-021-03819-2

10. Wang Y., et al. PubChem: a public information system for analyzing the activities of small molecules. *Nucleic Acids Research*. 2009;37(W):W623–W633. doi:10.1093/nar/gkp456

11. Gaulton A., et al. ChEMBL: a large-scale bioactivity database for drug discovery. *Nucleic Acids Research*. 2012;40(D1):D1100–D1107. doi:10.1093/nar/gkr777

12. Mitcheson J.S., Chen J., Lin M., et al. A structural basis for drug-induced long QT syndrome. PNAS. 2000;97(22):12329–12333. doi:10.1073/pnas.210244497

13. Duan Z., Yu C., Yang W., et al. Network toxicology and molecular docking reveal the potential link between acrylamide exposure and breast cancer. Scientific Reports. 2025;15:21076. doi:10.1038/s41598-025-06964-0.

14. Zeng S., Guo H. Network toxicology and bioinformatics analysis reveal the molecular mechanisms of polyethylene terephthalate microplastics in exacerbating diabetic nephropathy. Scientific Reports. 2025;15:19547. doi:10.1038/s41598-025-03285-0.

15. Subramanian A., Tamayo P., Mootha V.K., et al. Gene set enrichment analysis: a knowledge-based approach for interpreting genome-wide expression profiles. *PNAS*. 2005;102(43):15545–15550. doi:10.1073/pnas.0506580102

16. Federico A., Serra A., Ha M.K., et al. Transcriptomics in Toxicogenomics, Part II: Preprocessing and Differential Expression Analysis for High Quality Data. *Nanomaterials*. 2020;10(5):903. doi:10.3390/nano10050903

17. garashi Y., Nakatsu N., Yamashita T., et al. Open TG-GATEs: a large-scale toxicogenomics database. Nucleic Acids Research. 2015;43(Database issue):D921–D927. doi:10.1093/nar/gku955.

18. Rueda-Zárate H.A., Imaz-Rosshandler I., Cárdenas-Ovando R.A., et al. A computational toxicogenomics approach identifies a list of highly hepatotoxic compounds from a large microarray database. PLOS ONE. 2017;12(4):e0176284. doi:10.1371/journal.pone.0176284.

19. Kitano H. Systems biology: a brief overview. *Science*. 2002;295(5560):1662–1664. doi:10.1126/science.1069492

20. Guo Y., Li N. Network toxicology and molecular docking to investigate non-acute pesticide toxicity. *Medicine*. 2024. doi:10.1097/MD.0000000000039963

21. Oughtred R., Rust J., Chang C., et al. The BioGRID database: a comprehensive biomedical resource of curated protein, genetic and chemical interactions. *Protein Science*. 2021;30(1):187–200. doi:10.1002/pro.3978

22. Szklarczyk D., Kirsch R., Koutrouli M., et al. The STRING database in 2023: protein–protein association networks and functional enrichment analyses. *Nucleic Acids Research*. 2023;51(D1):D638–D646. doi:10.1093/nar/gkac1000

23. Kanehisa M., Goto S. KEGG: Kyoto Encyclopedia of Genes and Genomes. Nucleic Acids Research. 2000;28(1):27–30. doi:10.1093/nar/28.1.27.

24. Fabregat A., Jupe S., Matthews L., et al. The Reactome Pathway Knowledgebase. Nucleic Acids Research. 2018;46(D1):D649–D655. doi:10.1093/nar/gkx1132

25. Yang O., Kim H.L., Weon J.I., Seo Y.R. Endocrine-disrupting chemicals: review of toxicological mechanisms using molecular pathway analysis. Journal of Cancer Prevention. 2015;20(1):12–24. doi:10.15430/JCP.2015.20.1.12.

26. Yeger-Lotem E., Sharan R. Human protein interaction networks across tissues and diseases. *Frontiers in Genetics*. 2015;6:257. doi:10.3389/fgene.2015.00257

27. Stacey R.G., et al. Context-specific interactions in literature-curated protein interaction databases. *BMC Genomics*. 2018;19:758. doi:10.1186/s12864-018-5023-5

28. Rao V.S., Srinivas K., Sujini G.N., Kumar G.N. Protein–protein interaction detection: methods and analysis. International Journal of Proteomics. 2014;2014:147648. doi:10.1155/2014/147648.

29. Zhu Z., Jiang H. Identification of oxidative stress-related biomarkers associated with the development of acute-on-chronic liver failure using bioinformatics. *Scientific Reports*. 2023;13:17073. doi:10.1038/s41598-023-44343-9

30. Vo A.H., Van Vleet T.R., Gupta R.R., et al. An Overview of Machine Learning and Big Data for Drug Toxicity Evaluation. Chemical Research in Toxicology. 2020;33(1):20–37. doi:10.1021/acs.chemrestox.9b00227.

31. Kang M., et al. A roadmap for multi-omics data integration using deep learning. Briefings in Bioinformatics. 2022;23(1):bbab454. doi:10.1093/bib/bbab454.

32. Kim J., Shin M. An integrative model of multi-organ drug-induced toxicity prediction using gene-expression data. *BMC Bioinformatics*. 2014;15(Suppl 16):S2. doi:10.1186/1471-2105-15-S16-S2

33. Kryshtafovych A., et al. Critical assessment of methods of protein structure prediction (CASP14). *Proteins*. 2021;89(12):1607–1617. doi:10.1002/prot.26237

34. Corso G., Stark H., Jing B., et al. Blind protein–ligand docking with a diffusion-based deep generative model. *Biophysical Journal*. 2023. doi:10.1016/j.bpj.2022.09.019

35. Wang R., et al. The PDBbind database: methodologies and updates. *Journal of Medicinal Chemistry*. 2005;48(12):4111–4119. doi:10.1021/jm048957q

36. Morehead M., et al. PoseBench (benchmarking docking/generalization). *Nature Machine Intelligence*. 2025. doi:10.1038/s42256-025-01160-1

References

1. Olson H, Betton G, Robinson D, et al. Concordance of the toxicity of pharmaceuticals in humans and in animals. Regulatory Toxicology and Pharmacology. 2000;32(1):56–67. doi:10.1006/rtph.2000.1399.

2. Raies AB, Bajic VB. In silico toxicology: computational methods for the prediction of chemical toxicity. WIREs Computational Molecular Science. 2016;6(2):147–172. doi:10.1002/wcms.1240.

3. Neves BJ, Braga RC, Melo-Filho CC, et al. QSAR-based virtual screening: advances and applications in drug discovery. Frontiers in Pharmacology. 2018;9:1275. doi:10.3389/fphar.2018.01275.

4. Gramatica P. Principles of QSAR model validation: internal and external. QSAR & Combinatorial Science. 2007;26(5):694–701. doi:10.1002/qsar.200610151.

5. Chen YZ, Ung CY. Prediction of potential toxicity and side effect protein targets of a small molecule by a ligand–protein inverse docking approach. Journal of Molecular Graphics and Modelling. 2001;20(3):199–218. doi:10.1016/S1093-3263(01)00109-7.

6. Chen YZ, Zhi DG. Ligand–protein inverse docking and its potential use in the computer search of protein targets of a small molecule. Proteins. 2001;43(2):217–226. doi:10.1002/1097-0134(20010501)43:2<217::AID-PROT1032>3.0.CO;2-G.

7. Pinzi L, Rastelli G. Molecular docking: shifting paradigms in drug discovery. International Journal of Molecular Sciences. 2019;20(18):4331. doi:10.3390/ijms20184331.

8. Burley SK, Berman HM, Bhikadiya C, et al. Protein Data Bank: the single global archive for 3D macromolecular structure data. Nucleic Acids Research. 2019;47(D1):D520–D528. doi:10.1093/nar/gky949.

9. Jumper J, Evans R, Pritzel A, et al. Highly accurate protein structure prediction with AlphaFold. Nature. 2021;596:583–589. doi:10.1038/s41586-021-03819-2.

10. Wang Y, et al. PubChem: a public information system for analyzing the activities of small molecules. Nucleic Acids Research. 2009;37(Web Server issue):W623–W633. doi:10.1093/nar/gkp456.

11. Gaulton A, et al. ChEMBL: a large-scale bioactivity database for drug discovery. Nucleic Acids Research. 2012;40(Database issue):D1100–D1107. doi:10.1093/nar/gkr777.

12. Mitcheson JS, Chen J, Lin M, et al. A structural basis for drug-induced long QT syndrome. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 2000;97(22):12329–12333. doi:10.1073/pnas.210244497.

13. Duan Z, Yu C, Yang W, et al. Network toxicology and molecular docking reveal the potential link between acrylamide exposure and breast cancer. Scientific Reports. 2025;15:21076. doi:10.1038/s41598-025-06964-0.

14. Zeng S, Guo H. Network toxicology and bioinformatics analysis reveal the molecular mechanisms of polyethylene terephthalate microplastics in exacerbating diabetic nephropathy. Scientific Reports. 2025;15:19547. doi:10.1038/s41598-025-03285-0.

15. Subramanian A, Tamayo P, Mootha VK, et al. Gene set enrichment analysis: a knowledge-based approach for interpreting genome-wide expression profiles. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 2005;102(43):15545–15550. doi:10.1073/pnas.0506580102.

16. Federico A, Serra A, Ha MK, et al. Transcriptomics in toxicogenomics, Part II: preprocessing and differential expression analysis for high quality data. Nanomaterials. 2020;10(5):903. doi:10.3390/nano10050903.

17. Igarashi Y, Nakatsu N, Yamashita T, et al. Open TG-GATEs: a large-scale toxicogenomics database. Nucleic Acids Research. 2015;43(Database issue):D921–D927. doi:10.1093/nar/gku955.

18. Rueda-Zárate HA, Imaz-Rosshandler I, Cárdenas-Ovando RA, et al. A computational toxicogenomics approach identifies a list of highly hepatotoxic compounds from a large microarray database. PLOS ONE. 2017;12(4):e0176284. doi:10.1371/journal.pone.0176284.

19. Kitano H. Systems biology: a brief overview. Science. 2002;295(5560):1662–1664. doi:10.1126/science.1069492.

20. Guo Y, Li N. Network toxicology and molecular docking to investigate the non-acetylcholinesterase mechanisms and targets of cardiotoxicity injury induced by organophosphorus pesticides. Medicine (Baltimore). 2024;103(41):e39963. doi:10.1097/MD.0000000000039963.

21. Oughtred R, Rust J, Chang C, et al. The BioGRID database: a comprehensive biomedical resource of curated protein, genetic and chemical interactions. Protein Science. 2021;30(1):187–200. doi:10.1002/pro.3978.

22. Szklarczyk D, Kirsch R, Koutrouli M, et al. The STRING database in 2023: protein–protein association networks and functional enrichment analyses. Nucleic Acids Research. 2023;51(D1):D638–D646. doi:10.1093/nar/gkac1000.

23. Kanehisa M, Goto S. KEGG: Kyoto Encyclopedia of Genes and Genomes. Nucleic Acids Research. 2000;28(1):27–30. doi:10.1093/nar/28.1.27.

24. Fabregat A, Jupe S, Matthews L, et al. The Reactome Pathway Knowledgebase. Nucleic Acids Research. 2018;46(D1):D649–D655. doi:10.1093/nar/gkx1132.

25. Yang O, Kim HL, Weon JI, Seo YR. Endocrine-disrupting chemicals: review of toxicological mechanisms using molecular pathway analysis. Journal of Cancer Prevention. 2015;20(1):12–24. doi:10.15430/JCP.2015.20.1.12.

26. Yeger-Lotem E, Sharan R. Human protein interaction networks across tissues and diseases. Frontiers in Genetics. 2015;6:257. doi:10.3389/fgene.2015.00257.

27. Stacey RG, Skinnider MA, Chik JHL, Foster LJ. Context-specific interactions in literature-curated protein interaction databases. BMC Genomics. 2018;19(1):758. doi:10.1186/s12864-018-5139-2.

28. Rao VS, Srinivas K, Sujini GN, Kumar GN. Protein–protein interaction detection: methods and analysis. International Journal of Proteomics. 2014;2014:147648. doi:10.1155/2014/147648.

29. Zhu Z, Jiang H. Identification of oxidative stress-related biomarkers associated with the development of acute-on-chronic liver failure using bioinformatics. Scientific Reports. 2023;13:17073. doi:10.1038/s41598-023-44343-9.

30. Vo AH, Van Vleet TR, Gupta RR, et al. An overview of machine learning and big data for drug toxicity evaluation. Chemical Research in Toxicology. 2020;33(1):20–37. doi:10.1021/acs.chemrestox.9b00227.

31. Kang M, Ko E, Mersha TB. A roadmap for multi-omics integration using deep learning. Briefings in Bioinformatics. 2022;23(1):bbab454. doi:10.1093/bib/bbab454.

32. Kim J, Shin M. An integrative model of multi-organ drug-induced toxicity prediction using gene-expression data. BMC Bioinformatics. 2014;15(Suppl 16):S2. doi:10.1186/1471-2105-15-S16-S2.

33. Kryshtafovych A, Schwede T, Topf M, Fidelis K, Moult J. Critical assessment of methods of protein structure prediction (CASP14). Proteins. 2021;89(12):1607–1617. doi:10.1002/prot.26237.

34. Corso G, Stärk H, Jing B, et al. Blind protein–ligand docking with a diffusion-based deep generative model. Biophysical Journal. 2023. doi:10.1016/j.bpj.2022.09.019.

35. Wang R, Fang X, Lu Y, Wang S. The PDBbind database: methodologies and updates. Journal of Medicinal Chemistry. 2005;48(12):4111–4119. doi:10.1021/jm048957q.

36. Morehead M, et al. PoseBench: a unified benchmark for protein–ligand docking. Nature Machine Intelligence. 2025. doi:10.1038/s42256-025-01160-1.

АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
(сельскохозяйственные, технические науки)

10.52671/26867591_2026_1_190
УДК 664.8036:62

ИННОВАЦИОННЫЕ РЕЖИМЫ СТЕРИЛИЗАЦИИ КОМПОТА ИЗ ЧЕРЕШНИ В АВТОКЛАВАХ С ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫМ НАГРЕВОМ ПЛОДОВ В БАНКАХ НАСЫЩЕННЫМ ВОДЯНЫМ ПАРОМ И ДВУХСТУПЕНЧАТЫМ ОХЛАЖДЕНИЕМ

АХМЕДОВ М.Э. [1], д-р техн. наук, профессор
ДЕМИРОВА А.Ф. [1], д-р техн. наук, профессор
ИСРИГОВА Т.А.[2], д-р с.-х. наук, профессор
САЛМАНОВ М.М. [2], д-р с.-х. наук, профессор
КЕРИМХАНОВА Р.Н. [3], канд. с.-х. наук, науч. сотрудник
[1]ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет», г. Махачкала, Россия
[2]ФГБОУ ВО Дагестанский ГАУ, г. Махачкала, Россия
[3]ФИЦ «Субтропический научный центр РАН», г. Сочи, Россия

INNOVATIVE MODES FOR STERILIZING CHERRY COMPOTE IN AUTOCLAVES WITH PRE-HEATING OF FRUITS IN JARS WITH SATURATED WATER VAPOR AND TWO-STAGE COOLING

AKHMEDOV M. E. [1], Doctor of Technical Sciences, Professor
DEMIROVA A. F. [1], Doctor of Technical Sciences, Professor
ISRIGOVA T.A.[2], Doctor of Technical Sciences, Professor
SALMANOV M.M. [2], Doctor of Agricultural Sciences, Professor
KERIMKHANOVA R.N. [3], Candidate of Agricultural Sciences, Researcher
[1]Dagestan State Technical University, Makhachkala, Russia
[2]Dagestan State Agrarian University, Makhachkala, Russia
[3]Federal Research Center "Subtropical Scientific Center Of The Russian Academy of Sciences", Sochi, Russia

Аннотация. Представлены результаты исследований тепловой стерилизации компота из черешни с использованием новых технологических приемов - предварительного нагрева плодов в банках насыщенным водяным паром со стерилизацией в автоклавах по ускоренным режимам с использованием двухступенчатого охлаждения.

Сущность двухступенчатого охлаждения заключается в том, что охлаждение осуществляется в аппарате (автоклаве), в котором осуществляется тепловая обработка до температуры охлаждающей воды равном 55^0C (по традиционной технологии охлаждение проводится до температуры воды 35-40^0C), со снижение противодавления в аппарате до 0 кПа, и продолжением охлаждения в другой емкости при постоянной температуре воды, равном 35-40^0C.

Установлены новые режимы тепловой стерилизации компота из черешни в автоклавах с двухступенчатым охлаждением, которые обеспечивают существенное сокращение продолжительности режимов тепловой обработки консервов и экономию тепловой энергии более 50 МДж на 1 туб продукции.

Приведены исследования по прогреваемости и фактической летальности микроорганизмов, которые подтверждают, что разработанные режимы обеспечивают требуемую промышленную летальность готовой продукции, подтверждающая их безопасность.

Выявлено, что по своим органолептическим и физико-химическим свойствам компоты, стерилизованные по разработанным режимам, отвечают требованиям ГОСТа на готовую продукцию.

Ключевые слова: стерилизация, консервы, способ, температура, насыщенный пар, плоды, двухступенчатое охлаждение, режим стерилизации, качество продукта.

Abstract. *The article presents the results of studies on thermal sterilization of cherry compote using new technological methods: preheating the fruit in jars with saturated water vapor and sterilization in autoclaves using accelerated modes with two-stage cooling. The essence of two-stage cooling is that cooling is carried out in an apparatus (autoclave) in which heat treatment is carried out to a cooling water temperature of 55^0C (according to the traditional technology, cooling is carried out to a water temperature of 35-40^0C), with a reduction in the backpressure in the apparatus to 0 kPa, and continued cooling in another container at a constant water temperature of 35-400C. New modes of thermal sterilization of cherry compote in two-stage cooling autoclaves have been established, which significantly reduce the duration of thermal processing of canned goods and save more than 50 MJ of thermal energy per 1 tube of product.*

The studies on the warming-up and actual lethality of microorganisms are presented, which confirm that the developed modes provide the required industrial lethality of the finished products, confirming their safety. It has been

revealed that the organoleptic and physical-chemical properties of the compotes sterilized according to the developed modes meet the requirements of the GOST for finished products.

Keywords: *sterilization, canned food, the way temperature, saturated steam, fruit, two-stage cooling, the sterilization treatment, quality of the product.*

Введение. Фрукты, а также продукты их переработки являются незаменимыми источниками витаминов, органических кислот, минеральных веществ, необходимых для полноценной жизнедеятельности людей[8],

С учетом тех обстоятельств, что фрукты, особенно косточковые плоды, имеют ярко выраженную сезонность поступления и непродолжительные сроки хранения, возникает необходимость разработки и внедрения таких способов их переработки, при которых обеспечивается более полное сохранение состава исходного сырья [1-9, 13-16].

Тепловая стерилизация является самым надежным и наиболее распространенным способом консервирования пищевых продуктов для длительного хранения [1-16].

При этом, существующие и используемые на практике традиционные способы консервирования пищевых продуктов с использованием тепловой стерилизации, являются громоздкими в аппаратурном оформлении, энергоемкими и продолжительными по времени.

Все эти обстоятельства выдвигает на передний план развития научной мысли проблему создания новых высокоэффективных и ресурсосберегающих технологий переработки растительного сырья, обеспечивающих конкурентоспособность и высокое качество готовой продукции.

Из литературных источников известно, что наиболее эффективным способом совершенствования процесса стерилизации является повышение начальной температуры консервов перед стерилизацией с использованием различных тепловых и физических процессов [11,12], которое позволяет существенно интенсифицировать процесс последующей тепловой обработки, как в плане сокращения продолжительности тепловой обработки, так и обеспечении относительной равномерности тепловой обработки продукта, находящегося в различных точках банки.

Целью исследований явилось совершенствование режимов стерилизации консервированного компота из плодов черешни с использованием импульсно-паровой обработки и вакуумирования плодов в стеклобанках перед заливкой сиропа и стерилизацией в автоклавах с двухступенчатым охлаждением.

Объекты и методы исследований. Объектами исследований явились традиционные и новые режимы стерилизации компота из черешни в аппаратах открытого типа с использованием импульсно-парового нагрева и вакуумирования плодов в банках перед заливкой сиропа.

Импульсно паровую обработку плодов осуществляли на лабораторной установке, оборудованной парогенератором; разработку режимов стерилизации осуществляли на основе расчета величин стерилизующих эффектов по результатам измерения температуры продукта с использованием хромель-копелевых термопарам и самопищущего потенциометра КСП-4.

Результаты исследований. Предварительные экспериментальные исследования, проведенные при разработке параметров режимов стерилизации консервируемых продуктов с использованием способа повышения начального температурного уровня продукта показали, что из-за высокого значения температурного уровня продукта при укупорке банки, несколько снижается величина уровня давления, создающегося в банках в процессе тепловой стерилизации. Это в свою очередь позволяет процесс тепловой обработки проводить при более низких значениях противодавления в аппарате для тепловой стерилизации (автоклаве). Кроме того, обеспечивается возможность проведения процесса охлаждения в два этапа, в данном аппарате до температуры охлаждающей воды 50-55^{0}С (по традиционной технологии охлаждение проводится до температуры воды, равной 35–40^{0}С) со снижением противодавления в аппарате до 0 кПа, и продолжением охлаждения в другой емкости при постоянной температуре воды, равной 35-40^{0}С.

Выбор температурных параметров охлаждающей воды на втором этапе охлаждения, равной 35 – 40^{0}С, обуславливается обеспечением необходимого температурного перепада при охлаждении банок с продуктом, для предотвращения термического боя тары, которая выдерживает температурный перепад в пределах 25-27^{0}С.

Повышение начального температурного уровня продукта в банках перед герметизацией с последующей стерилизацией, способствует получению положительного эффекта не только с теплофизической стороны процесса стерилизации, но в большей степени с микробиологической, так как, чем выше температура продукта к началу стерилизации, тем естественно меньше микроорганизмов останется в стерилизуемой банке. Следовательно, как результат возрастает эффект стерилизации [1-9,12]. Выбор значений начальной температуры продукта перед герметизацией осуществляли с учетом тех обстоятельств, что с точки зрения стерилизующего воздействия температуры, то практически вплоть до 75 – 80^{0}С, оно незначительно, и этот период нагрева целесообразнее пройти, как можно ускоренно.

По традиционной технологии в банки, после укладки плодов, заливают сироп с температурой 60^{0}С, герметизируют и направляют в аппарат для стерилизации (автоклав), где осуществляют тепловую обработку по определенным режимам (табл.1) [10] .

Таблица 1- Режимы стерилизации консервов «Компот из черешни» в автоклаве по традиционной технологии

Наименование консервов	Расфасовка	Режимы стерилизации
Компот из черешни	1-58-200	$\frac{20-(12-18)-20}{100}\cdot 118 кПа$
	1-82-350	$\frac{20-(12-18)-20}{100}\cdot 118 кПа$
	1-82-500	$\frac{20-(15-20)-20}{100}\cdot 118 кПа$
	1-82-1000	$\frac{25-(30-35)-25}{100}\cdot 118 кПа$

Недостатками традиционных режимов стерилизации является: большая продолжительность теплового воздействия на продукт, что снижает его пищевую ценность и значительные расходы тепловой энергии и воды, обусловленные теми обстоятельствами, что по завершении процесса нагрева каждой партии стерилизуемой продукции, воду в стерилизационном аппарате (автоклаве) охлаждают до 35-40^{0}С.

Предлагаемый способ предусматривает расфасованные в банки плоды в течение 80-120 с (в зависимости от объема банки) подогреть посредством импульсного, с интервалом 5 с, подачей пара (5 с подача пара далее 5 с выдержка) и так в течение 80-120 с (в зависимости от объема банки), при этом поверхность банки, для предотвращения термического боя, в течение всего процесса вдувания пара в банку, обдувается нагретым до 110-120^{0}С воздухом. Для реализации способа разработана новая конструкция аппарата (рис.1) [3].

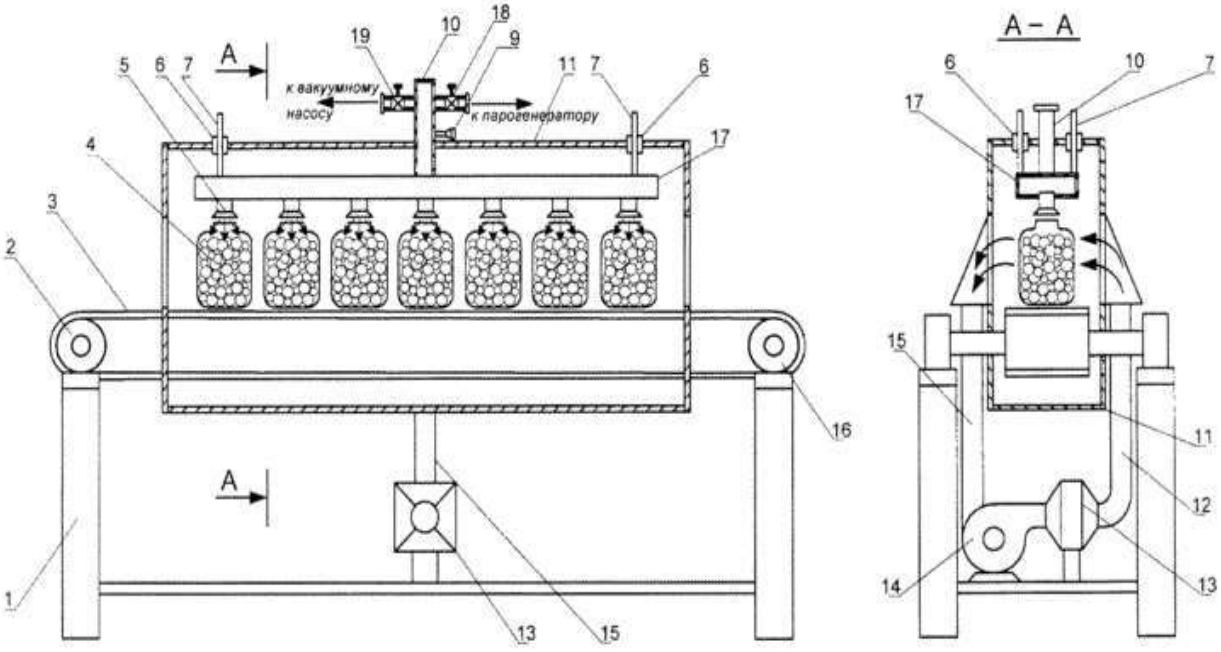


Рисунок 1 – Аппарат для паровой бланшировки и вакуумирования плодов в банках: 1 – каркас; 2,16 – ведущий и ведомый барабаны; 3 – транспортер; 4- банки с плодами; 5- сопла для подачи пара; 5 - сопла для подачи пара и удаления воздуха из банок; 6,8 – втулки; 7 – направляющие; 10 - труба для подачи пара; 11 – кожух: 12 -труба для подачи нагретого воздуха; 13 - электрический калорифер; 14 -вентилятор;15 – труба для отработанного воздуха; 17 - сборник-пароораспределитель; 18,19 – вентиля

Аппарат работает следующим образом. Банки 4, после заполнения подготовленными плодами, транспортером 3, закрепленном на ведущем 2 и ведомом 16 барабанах, совершающим прерывистое движение с интервалом 5 с, подаются в камеру обработки, где в момент остановки транспортера оказываются под соплами для подачи пара. Пар из трубы 10 и сборник-пароораспределитель 17 посредством сопел 5 подается в банки с плодами. Далее, после 5 с подачи пара в банки, банки перемещаясь, оказываются под следующими соплами и так, пока

не пройдут всю камеру обработки, последовательно оказываясь под всеми соплами с интервалом 5 с. Плоды при обработке в течение 60-120 с (в зависимости от объема банок) за счет конденсации пара нагреваются до 65-75°С и при этом из них также выделяется воздух. По окончании процесса паровой обработки плодов в банках, сборник-парораспределитель опускается до упора сопел с резиновыми прокладками с венчиками банок, отсоединяется от паровой линии, посредством перекрытия вентиля 18 для подачи пара в трубу 10 и соединяется к вакуумной линии, посредством открытия вентиля 19, и воздух, выделившийся из плодов в процессе нагрева паром, удаляется из банок через сборник-парораспределитель и трубу 10 в вакуумную линию. После отсоса воздуха из полостей банок, вентиль на вакуумной линии перекрывается, тем самым отсоединяя вакуумную линию от сборника-парораспределителя, который поднимают в первоначальное положение и банки выводятся из аппарата. В аппарате, для предотвращения термического боя банок в процессе подачи пара во внутрь банок, предусмотрено обдувание наружной поверхности банок нагретым воздухом с температурой 110-120°С и скоростью 3-5 м/с подаваемым по трубе 12, а отработанный воздух по трубе 15 обратно подается в калорифер.

По завершении процесса обработки паром и вакуумирования, в банки заливают сироп температурой 97-98^{0}С, закатывают и направляют в стерилизационный аппарат для тепловой обработки по ускоренным режимам стерилизации с двухступенчатым охлаждением.

Средняя начальная температура продукта в банке после герметизации по предлагаемому способу составляет 75-76^{0}С, а по традиционной технологии 40-42^{0}С.

Таким образом, начальная температура продукта по предлагаемому способу перед началом стерилизации на 35-36ºС больше, по сравнению со способом консервирования по традиционной технологии, что будет способствовать снижению температурного перепада между наиболее и наименее нагреваемыми точками продукта в процессе стерилизации, так как нагрев продукта будет начинаться с одинаковой для центра и периферии температуры, равной 75-78ºС, а не 40-42ºС.

Кроме того, предлагаемый способ обеспечивает существенную экономию тепловой энергии за счет снижения тепловых потерь, так как при консервировании по предлагаемому способу температуру сиропа нужно будет снижать не до 60ºС от 100ºС (температура варки сиропа), как предусмотрено традиционной технологией, а до 97-98ºС, т.е., практически при температуре варки.

Одновременно, увеличение начальной температуры продукта в банках перед стерилизацией и обеспечивающее при этом снижение давления в банке в процессе тепловой стерилизации, позволяет снизить величину противодавления в автоклаве до 88 кПа, против 118 кПа (по традиционной технологии), а также проводить процесс охлаждения в два этапа, в данном аппарате до 50-55^{0}С, с продолжением охлаждения в другой емкости при температуре воды 35-40^{0}С и без противодавления. Такой способ охлаждения позволяет, во-первых, значительно экономить тепловую энергию (более 38000кДж) на нагрев воды в автоклаве перед загрузкой очередной партии консервов, так как в данном случае нагрев воды будет осуществляться не от 35-40^{0}С, как принято по режиму традиционной технологии, а от 55^{0}С, и, кроме того, имеет место экономия и охлаждающей воды.

Режим стерилизации консервов «Компот из черешни» в таре СКО 1-82-1000 в автоклаве по предлагаемому способу можно выразить в следующем виде: $75\frac{10-20-20}{85-100-55}\cdot 88кПа$ с последующим продолжением охлаждения в другой емкости по режиму $\frac{5}{40}$, где: 75 – начальная температура полуфабриката перед стерилизацией, 0С; 10–продолжительность периода нагрева воды в автоклаве от 85 до 100^{0}С, мин;20 – продолжительность периода собственной стерилизации при 100^{0}С, мин; 20 – продолжительность первой ступени охлаждения воды в автоклаве от 100^{0}С до 50^{0}С, мин;5 – продолжительность второй ступени охлаждения в другой емкости при 35-40^{0}С мин;85 – начальная температура воды в автоклаве перед загрузкой консервов, ^{0}С;100 – температура стерилизации, ^{0}С;55 – конечная температура воды в автоклаве после первой ступени охлаждения, ^{0}С; 40 – температура воды в емкости для проведения второго этапа охлаждения ^{0}С; 88– противодавление в автоклаве, *кПа*.

Способ обеспечивает значительную экономию тепловой энергии за счет снижения тепловых потерь, имеющие место при снижении температуры сиропа при заливке до требуемого значения (60^{0}С), предусмотренное по традиционной технологии, так как, при консервировании по предлагаемому способу температуру сиропа нужно будет снижать не до 60ºС, как предусмотрено по традиционной технологии, а практически сироп можно заливать при температуре варки. Экономия тепловой энергии на выработку 1 туба консервов, за счет повышения начальной температуры сиропа может составить более 24000 кДж.

На рисунке 2 представлены кривые прогреваемости и фактической летальности микроорганизмов при тепловой стерилизации компота из черешни в банках СКО 1-82-1000 в автоклавах с предварительным нагревом плодов в банках насыщенным паром и двухступенчатым охлаждением по режиму: 75 . $\frac{10-20-20}{85-100-55}\cdot 88кПа\ \frac{5}{40}\cdot$

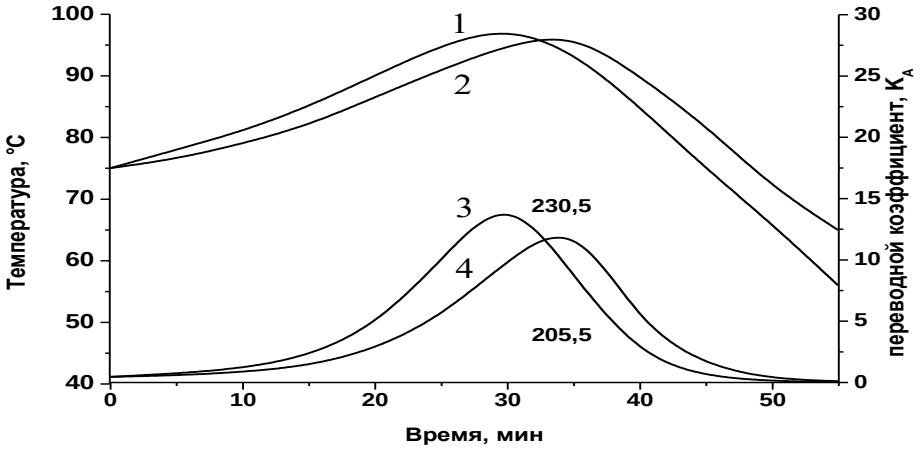


Рисунок 2 - Кривые прогреваемости (1,2) и фактической летальности микроорганизмов (3,4) режима тепловой стерилизации компота из черешни в банке объемом 1,0 л с предварительным нагревом плодов в банках насыщенным водяным паром и двухступенчатым охлаждением

Как видно из рисунка, режим обеспечивает промышленную стерильность консервов, одновременно обеспечивает экономию тепловой энергии, сокращение продолжительности режима тепловой стерилизации по сравнению с режимом традиционной стерилизации на 20 мин, а также повышение производительности аппаратов для тепловой стерилизации и качество готовой продукции.

Однако, при использовании насыщенного водяного пара для нагрева плодов в банках, имеет место некоторое снижение концентрации сиропа в компоте, за счет конденсации водяного пара, подаваемого в банку с плодами. Для устранения этого недостатка нами предлагается повысить концентрацию заливаемого в банку сиропа, несколько уменьшив его количество (на величину образующегося при конденсации пара конденсата).

Концентрацию сиропа и его количество, заливаемое в банку, рассчитывают таким образом, чтобы после тепловой обработки паром (после конденсации пара в таре) количество жидкой фазы в банке и ее концентрация соответствовали требованиям действующей технологической инструкции. Концентрацию заливочной жидкости можно определить по формуле:

$$x = \frac{m \cdot n}{m - m_1}, \quad (1)$$

где x – концентрация заливки или сиропа, подаваемого в банку при пароконтактном нагреве, %; n – концентрация заливки или сиропа, предусмотренная по рецептуре действующей технологической инструкции, %; m - количество сиропа или заливки, подаваемого в банку по рецептуре действующей инструкции, г; m_1 – количество конденсата, образующегося в банке с продуктом при пароконтактном нагреве (определяется опытным путем или на основании теплового расчета).

Для качественной оценки были исследованы химико-технологические, органолептические и микробиологические показатели консервов, изготовленных по разработанным режимам, что подтвердили их высокое качество.

Новые режимы стерилизации компота из черешни в автоклавах с предварительным нагревом плодов насыщенным водяным паром и двухступенчатым охлаждением представлены в таблице 2.

Таблица 2- Режимы стерилизации консервов «Компот из черешни» в автоклаве с предварительным нагревом плодов насыщенным водяным паром и двухступенчатым охлаждением

Наименование консервов	Расфасовка	Режимы стерилизации
Компот из черешни	1-58-200	$75\ .\ \frac{10-(8-10)-15}{85-100-55} \cdot 88 кПа\ \frac{5}{40}$
	1-82-350	$75\ .\ \frac{10-(8-10)-15}{85-100-55} \cdot 88 кПа\ \frac{5}{40}$
	1-82-500	$75\ .\ \frac{10-(10-15)-15}{85-100-55} \cdot 88 кПа\ \frac{5}{40}$
	1-82-1000	$75\ .\ \frac{10-20-20}{85-100-55} \cdot 88 кПа\ \frac{5}{40}$

Как видно из сравнения режимов стерилизации, представленных в таблицах 1 и 2, использование предварительного нагрева плодов в банках насыщенным водяным паром способствует сокращению продолжительности режимов тепловой стерилизации по сравнению с режимами традиционной технологии до 20 мин, а вакуумирование плодов, способствует повышению пищевой ценности готовой продукции, за счет удаления воздуха из банок и плодов.

Выводы. Использование двухступенчатого охлаждения, обеспечивает экономию тепловой энергии за счет того, что при стерилизации очередной партии консервов нагрев воды в аппарате (автоклаве) будет осуществляться не от 35-40^{0}С (что предусмотрено по традиционной технологии), а от 50-55^{0}С, что способствует экономии тепловой энергии более чем на 50000 кДж на 1 туб продукции.

По своим органолептическим свойствам компоты, изготовленные со стерилизацией по разработанным режимам, отвечают требованиям ГОСТов на готовую продукцию.

Производственная проверка показала, что разработанные режимы стерилизации гарантируют выпуск доброкачественных консервов.

Список литературы

1.Ахмедов М.Э., Исмаилов Т.А. Режимы ротационной стерилизации консервов «Компот из черешни» в потоке горячего воздуха с воздушно-водоиспарительным охлаждением //Хранение и переработка сельхозсырья. – 2006. – № 3. – С. 18-20.

2.Ахмедов М.Э.Интенсификация технологии тепловой стерилизации консервов «Компот из яблок» с предварительным подогревом плодов в ЭМП СВЧ //Известия вузов. Пищевая технология. – 2008. – № 1. – С. 15-16.

3. Ахмедов М.Э., Догеев Г.Д., Демирова А.Ф., Алибекова М.М. Аппарат для нагрева плодов в банках насыщенным паром. Патент РФ на полезную модель №189734. Опубл. 31.05.2019 г. Бюл. №16.

4.Демирова А.Ф., Ахмедов М.Э., Росляков Ю.Ф., Ярахмедова Д.А. Влияние СВЧ-стерилизации и вакуумирования плодов абрикоса на пищевую ценность и микробиологическую безопасность консервированной продукции Известия высших учебных заведений // Пищевая технология. – 2025. – № 5-6 (402). – С. 73-76.

5.Демирова А.Ф., Ярахмедова Д.А., Ахмедов М.Э., Исригова Т.А., Пиняскин В.В. Влияние технологии на пищевую ценность консервированного компота из яблок для детского питания // Известия Дагестанского ГАУ. – 2025. – № 4 (28). – С. 387-393.

6. Рогачев В.И. Справочник по производству консервов. – М.: Пищевая промышленность, 1979.

7. Рогачев В.И., Бабарин В.П. Местоположение наименее прогреваемой точки в банке с продуктом // Консервная и овощесушильная промышленность. – 1973. – № 9. – С. 10-11.

8. Сабуров Н.В., Антонов М.В. Хранение и переработка плодов и овощей. – М.: Изд-во сельхоз. лит., 1962. – 320с.

9. Способ производства компота из яблок. Патент РФ № 2513190.Ахмедов М.Э., Демирова А.Ф., Дибиргаджиева Х.Г., Рахманова М.М. Бюл. № 11 от 20.04.2014

10.Сборник технологических инструкций по производству консервов. – М.: 1977. – Т. 2.

11. Флауменбаум Б.Л., Танчев С.С., Гришин М.А. Основы консервирования пищевых продуктов: учебное пособие. – М.: Агропромиздат. 1986. – 120с.

12. Флауменбаум Б.Л. Сокращение продолжительности режимов стерилизации малокислотных консервов за счет повышения температурного уровня // Известия вузов. Пищевая технология. – 1983. – №5. – С. 3-4.

13.Ярахмедова Д.А., Демирова А.Ф., Ахмедов М.Э., Рахманова М.М. Эффективность применения СВЧ-пастеризации и вакуумирования плодов персиков на пищевую ценность консервированных компотов // Известия Дагестанского ГАУ. – 2025. – № 4 (28). – С. 441-446.

14.Alskog L. Sterilization of foods containing particles // «Recent developments in aseptic technology». Conference, United Kingdom, 4-6 Dec., 1989, 26 pp.

15.Barefoot S.F., Tai H.Y., Brandon S.C., Thomas R.L. Production of microbiologically stable apple juice by metallic membrane ultrafiltration // «Joumal of Food Science», 1989, v.54, № 2, pp.408-411.

16.Renard, C. M. G. C., Maingonnat, J. F. (2012). Thermal processing of fruits and fruit juices. In D. W. Sun (Ed.), Thermal Food Processing: New Technologies and Quality Issues (second ed., pp. 413–440): Taylor & Francis.

References

1. Akhmedov M.E., Ismailov T.A. Rotational sterilization modes of canned "Cherry compote" in a hot air flow with air-water evaporative cooling // Storage and processing of agricultural raw materials. - 2006. - No. 3. - Pp. 18-20.

2. Akhmedov M.E. Intensification of heat sterilization technology of canned "Apple compote" with preheating of fruit in an EMF microwave // News of universities. Food technology. - 2008. - No. 1. - Pp. 15-16.

3. Akhmedov M.E., Dogeev G.D., Demirova A.F., Alibekova M.M. Apparatus for heating fruit in jars with saturated steam. Russian Federation Patent for Utility Model No. 189734. Published May 31, 2019. Bulletin No. 16.

4. Demirova A.F., Akhmedov M.E., Roslyakov Yu.F., Yarakhmedova D.A. The Effect of microwave sterilization and vacuum treatment of apricots on the nutritional value and microbiological safety of canned products news of higher education institutions // Food Technology. - 2025. - No. 5-6 (402). - P. 73-76.

5. Demirova A.F., Yarakhmedova D.A., Akhmedov M.E., Isrigova T.A., Pinyaskin V.V. The Effect of Technology on the Nutritional Value of Canned Apple Compote for Baby Food // News of the Dagestan State Agrarian University. – 2025. – No. 4 (28). – P. 387-393.

6. Rogachev V.I. Handbook of Canned Food Production. – Moscow: Food Industry, 1979.

7. Rogachev V.I., Babarin V.P. Location of the Least Warmed Point in a Jar of Product // Canning and Vegetable Drying Industry. – 1973. – No. 9. – P. 10-11.

8. Saburov N.V., Antonov M.V. Storage and Processing of Fruits and Vegetables. – Moscow: Agricultural Literature Publishing House, 1962. – 320 p.

9. Method for Producing Apple Compote. Russian Federation Patent No. 2513190. Akhmedov M.E., Demirova A.F., Dibirgadzhieva H.G., Rakhmanova M.M. Bulletin No. 11 dated 20.04.2014

10. Collection of technological instructions for the production of canned food. - Moscow: 1977. - Vol. 2.

11. Flaumenbaum B.L., Tanchev S.S., Grishin M.A. Fundamentals of food preservation: a tutorial. - Moscow: Agropromizdat. 1986. - 120 p.

12. Flaumenbaum B.L. Reducing the duration of low-acid canned food sterilization modes by increasing the temperature level // News of universities. Food technology. - 1983. - No. 5. – P. 3-4.

13. Yarakhmedova D.A., Demirova A.F., Akhmedov M.E., Rakhmanova M.M. Effectiveness of microwave pasteurization and vacuum packaging of peaches on the nutritional value of canned compotes // Dagestan GAU Proceedings. – 2025. – No. 4 (28). – P. 441-446.

14. Alskog L. Sterilization of foods containing particles // "Recent developments in aseptic technology". Conference, United Kingdom, 4-6 Dec., 1989, 26 pp.

15. Barefoot S.F., Tai H.Y., Brandon S.C., Thomas R.L. Production of microbiologically stable apple juice by metallic membrane ultrafiltration // "Joumal of Food Science", 1989, v.54, No. 2, pp. 408-411.

16.Renard, C. M. G. C., Maingonnat, J. F. (2012). Thermal processing of fruits and fruit juices. In D. W. Sun (Ed.), Thermal Food Processing: New Technologies and Quality Issues (second ed., pp. 413–440): Taylor & Francis.

10.52671/26867591_2026_1_196
УДК 636.087.62

ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА КОРМОВ ДЛЯ ЖИВОТНЫХ В ЭКОНОМИКЕ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ АПК

БЕСПАЛОВА О. В. канд. техн. наук, доцент
СОКОЛОВ А. Ю., канд. техн. наук, доцент
ФГБОУ ВО «Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова», г. Москва, Россия

ANIMAL FEED PRODUCTION TECHNOLOGIES IN THE ECONOMY OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF AGRIBUSINESS ENTERPRISES

BESPALOVA, O. V., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
SOKOLOV, A. Yu, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russia

Аннотация. Целью исследования является формирование информационного блока с обзором научных источников о технологиях переработки пищевых отходов в агропромышленном комплексе. Установлено, что перспективным направлением для предприятий любых мощностей является производство кормов для животных, что обеспечит внедрение технологий устойчивого развития. Информационная база была сформирована методами маркетингового мониторинга актуальных данных, статистической обработкой данных по сектору рынка кормов из открытых официальных источников и научной литературы. Экспертным методом оценивались технологии переработки отходов в корма и проводился отбор наиболее перспективных способов для предприятий АПК. В статье отмечено, что сокращение отходов перерабатывающих предприятий является целью «зеленой» экономики большинства стран и производство кормов для животных является значимой частью решения вопроса переработки пищевых отходов. Исследованиями рынка кормов для животных выявлено, что за последние пять лет реализация зоотоваров в России выросла вдвое, причем 90% продаж составили корма для домашних животных. В организации производства кормов отмечены ключевые трудности: высокая цена на технологическое оборудование, проблемы с поставками импортных аппаратов и машин, нехватка современной упаковки, отсутствие ряда отечественных ингредиентов для производства премиальных кормов (витамины, растительные белки, аминокислоты, пробиотические составляющие и другие). В тоже время показаны технологические предложения Российского экономического университета имени Г.В. Плеханова по использованию отходов для производства кормов из отходов мясоперерабатывающих производств без глобальной технической модернизации, на имеющихся мощностях мясоперерабатывающих производств. Технология основана на углублении обработки мясокостных отходов с целью дополнительного извлечения мышечной ткани и производства из нее сухого натурального корма для непродуктивных животных. Таким образом, статья восполняет информационный пробел на стыке науки и производства в области технологии переработки отходов и продвижения концепции устойчивого развития предприятий АПК. Материалы исследования отражают передовые практики и будут полезны для любых пищевых производств, позволят

производителям получить добавленную стоимость от возможного смежного производства кормов.

Ключевые слова: переработка пищевых отходов, технологии замкнутого цикла, производство кормов для животных.

Abstract. *The purpose of the study is to compile an information package reviewing scientific literature on food waste recycling technologies in the agro-industrial complex. It has been established that animal feed production is a promising area for enterprises of all sizes, which will facilitate the implementation of sustainable development technologies. The information base was formed using marketing monitoring methods for current data, statistical processing of data on the feed market sector from open official sources and scientific literature. The article notes that reducing waste from recycling facilities is a goal of the "green" economy in most countries, and animal feed production is a significant part of the solution to the food waste recycling issue. Research into the animal feed market revealed that pet product sales in Russia have doubled over the past five years, with pet food accounting for 90% of sales. Key challenges in organizing feed production include the high cost of process equipment, problems with the supply of imported equipment and machinery, a shortage of modern packaging, and the absence of certain domestic ingredients for the production of premium feeds (vitamins, plant proteins, amino acids, probiotic components, and others). At the same time, the Plekhanov Russian University of Economics presents technological proposals for using waste to produce feed from meat processing waste without extensive technical modernization of existing meat processing facilities. The technology is based on the in-depth processing of meat and bone waste to extract additional muscle pulp and produce dry natural feed for non-productive animals. Thus, the article fills an information gap in the collaboration between science and industry in the field of waste recycling technology and the promotion of sustainable development technologies for agricultural enterprises. The research materials reflect best practices and will be useful for any food production, allowing producers to realize added value from potential related feed production.*

Keywords: *Food waste recycling, closed-loop technologies, animal feed production.*

Введение. Основой аналитического поиска по изучению технологических инноваций в использовании отходов на перерабатывающих производствах явились источники научной литературы, статистические данные и официальные информационные блоки открытой сети Интернет. Наши исследования показали, что информация о технологиях переработки отходов производственных предприятий АПК находится в очень разрозненных изданиях, и системной единой базы не существует. Это в значительной степени затрудняет принятие решений по внедрению экономики устойчивого развития на перерабатывающих производствах. В этой связи, целью настоящего исследования явилось создание информационного блока из обзора научных источников о современных технологиях переработки пищевых отходов АПК в корма для животных с целью внедрения технологий устойчивого развития. Рассмотрен рынок кормов для животных, маркетинговые исследования которого дают понимание коммерческой целесообразности рекомендуемой переработки отходов.

Известно, что в крупных агропромышленных комплексах остро стоят экологические проблемы, замедлено внедрение принципов и технологий экономики замкнутого цикла. Если ранее эти проблемы решались методами стандартизации, экологической паспортизации производств, то в настоящее время стандарты носят добровольный характер и предприятия вправе разрабатывать собственную систему мер для улучшения систем экологического управления, модернизации технологий, оптимизации качества продукции. При этом продукция должна соответствовать все более высоким требованиям по комплексу показателей качества и безопасности, чтобы полноценно заменить импорт[21].

Приток населения в развитую городскую среду обусловил нарастание сети продуктовых предприятий – перерабатывающих и ритейла в зоне проживания. Соответственно, ситуация актуализировала проблему накопления отходов производства и потребления. В зоне больших городов постоянно увеличивается негативное воздействие перерабатывающих производств на урбанистическую экосреду. По данным сайта «Агроинвестор» пищевые отходы только в Москве накапливаются в количествах около 16 млн тонн [37]. Отсутствие на предприятиях системы управления отходами, новых технологий переработки, неэффективная управленческая политика являются причинами низкого уровня экологической безопасности перерабатывающих предприятий. Информационный блок настоящего исследования с объединенным обзором технологий замкнутого цикла, позволит производителям АПК узнать о существующих способах переработки отходов в корма и получения добавленной стоимости от реализации продукции смежного производства, создать систему «зеленых технологий». В статье использованы методы маркетинговых исследований в обзоре статистических данных о рынке кормов из открытых официальных источников, а также приведены результаты научно-исследовательской работы авторов настоящей статьи. По ключевым словам темы исследования («переработка пищевых отходов, технологии замкнутого цикла, производство кормов для животных) были отобраны для обзора 98 научных источников глубиной обзора с 2016 по 2025 гг. из баз данных Scopus, Web of Science, поисковых систем Google Scholar, EBSCO, платформ eLibrary.Ru, cyberleninka.ru, ORCID, порталов ResearchGate. Экспертным методом оценивались технологии переработки отходов в корма и проводился отбор наиболее перспективных способов для предприятий АПК.

Результаты и их обсуждение

В начале 2022 года в Российской Федерации утвержден паспорт проекта «Экономика замкнутого цикла». Министерства и ведомства разрабатывают вектор-программы по использованию отходов

(вторичных ресурсов) в строительстве, промышленности, агрокомплексе, в торговой розничной сети и индустрии питания, на основе которых предприятия стоят производственные технологии устойчивого развития. К сожалению, статистика данных по объему отходов показывает, что работа по их сокращению идет недостаточными темпами и это обусловлено неосвоением эффективных технологий переработки. Производители вместо модернизации и создания смежных производств по использованию отходов в новую продукцию, просто оплачивают утилизацию, упрощая управленческую занятость. Тем не менее, экологическая ситуация не только в нашей стране, но и во всем мире остается проблемой, что связано с ростом населения и увеличением производства продовольствия [9,10,17,23]. Темпы роста имеют тренд увеличения, ожидаемый к 2070 году рост населения достигнет 10,3 млрд человек [1,31,37,39], и необходимость обеспечения продовольствием возрастет в разы, что повлечет увеличение пищевых отходов. По данным на 2023 год на утилизацию направляются 931 млн т. съедобных продуктов [30].

В России проблемы социально-экологического характера от загрязнений, обусловленных непереработанными отходами сельскохозяйственного сырья, приняли масштаб, превышающий 50 млн тонн [2]. Несовершенство технологий переработки сельскохозяйственного сырья привносит увеличение доли отходов домохозяйств, которые дорабатывают продукцию.

Согласно исследованиям Российской ассоциации электронных коммуникаций (РАЭК) и консалтинговой компании «ТИАР-Центр», по итогам только 2020 года объем пищевых отходов на свалках составил 17,9 млн тонн, то есть, свыше четверти всех твердых коммунальных отходов. Из них по домохозяйствам отходы составили 71%, а 29% отходов образованы ритейлом и индустрией питания [8].

Отходы секторов АПК – сельского, лесного хозяйств, рыболовства и рыбоводства в 2023 году составили около 9,29 млрд тонн. Отмечено, что с усилением внедрения проекта «Экономика замкнутого цикла» в 2024 году итог загрязнений отходами уменьшился и составил 8,5 млрд тонн. Однако и эта статистика является негативной по отношению к экосреде [11]. Поэтому на современном этапе в значительной степени актуализируется проблема освоения предприятиями технологий переработки отходов [1]. Одним из направлений деятельности этого направления является производство кормов для животных.

Согласно мировой программе устойчивого развития до 2030 года, принятой в Организации Объединённых Наций, предусмотрена реализация проекта регенерации отходов и их повторного использования в режиме «производство – использование – регенерация – повторное использование», что на территории России принято называть «зеленой экономикой» с «зелеными» технологиями производства продукции во всех сферах [1,14,28].

Необходимо отметить, что в производственных секторах АПК образуются не только пищевые отходы на перерабатывающих пищевых производствах, но и отходы, сбрасываемые в экосреду, такие как дезинфицирующие и моющие средства, производственные смывы от сырья животного происхождения, особо опасные микробиологическими контаминантами [24]. Ежегодный объем этих загрязнений, попадающих в канализационные стоки, достигает 46 млн м³, что составляет около 80 % в общем объеме сточных вод [34].

Таким образом, масштабы загрязнения экосреды, связанные с работой перерабатывающих сельскохозяйственных предприятий, значительны и быстрейшее освоение технологий переработки отходов будет служить решению социально-экологических проблем в регионах страны. Необходимо отметить, что некоторые технологии могут осваиваться малыми и средними предприятиями при небольшой модернизации производства, а ряд технологий может быть освоен совместно с биотехнологическими и химическими производствами в рамках кооперации, возможно объединение усилий нескольких производителей в решении общих задач.

В научных публикациях освещаются способы, позволяющие проводить очистку сточных вод и воздуха на перерабатывающих предприятиях АПК. Предлагаются методы, разрешенные в каждой, отдельно взятой стране, для очистки производственных стоков – флотация растворенным воздухом, электрокоагуляция, использование наномембран, биологические способы бескислородного окисления [34]. В значительной степени экологически эффективным считается способ адсорбционной очистки стоков в замкнутом цикле с повторным восстановлением адсорбентов и их безопасной утилизации [25]. Эффективная модель очистительной установки сточных вод с белковой составляющей разработана российским автором Никифоровым Л.Л. (2023). Режим устанавливается под запросы предприятий любой мощности, является малозатратной модернизацией производства. Эффект очистки сточных вод достигается комбинацией аппаратурных решений в одном блоке устройства и основано на применении оптимального сочетания реагентных и фотоокислительных методов очистки с применением УФ-излучения для дезинфекции [16].

Метод извлечения отдельных химических компонентов из утилизационных отходов, описанный в научных публикациях, предлагается для получения минеральных удобрений. Для этого отходы подлежат растворению в высококонцентрированных химических кислотах (серная, ортофосфорная) с последующим извлечением азота – основы удобрений [29]. Для реализации мероприятий по устойчивому развитию в этом направлении предприятиям малого и среднего бизнеса (МСП) можно объединить усилия с производствами химических отраслей.

Помимо экологической нагрузки от сточных

вод и выделяемых газов, большая проблема возникает при образовании пищевых отходов на предприятиях переработки.

Российский экологический оператор (РЭО) констатирует, что пищевые отходы могут стать высококачественным сырьем для производства кормов растительного происхождения, что может ориентировочно сократить отходы на 1,97 млн тонн в год. Как было указано выше, отходы переработки сырья животного происхождения негативного воздействуют на среду скоплением отходов, образованием парниковых газов, сбросом загрязненных сточных вод, но также могут быть сокращены применением соответствующих технологий переработки, которые предлагаются в настоящем исследовании [32,35,36,39].

Авторами многих научных публикаций изложен широкий спектр путей рециклинга и регенерации ценного вторичного сырья [3,6,18,20]. Однако, статьи имеют разнонаправленный характер и помимо технологий переработки, например, сырья животного происхождения, содержат материал о способах кормления, влияющих, в частности, на прижизненное выделение животными метана, являющегося загрязняющим фактором. Многие публикации направлены на освещение цифровизации отрасли для обеспечения безопасности продукции. Описаны способы убоя животных для удовлетворения потребностей населения с определенными религиозными конфессиями и др. В этой связи, в массиве литературных источников сложно найти материалы, касающиеся только технологий переработки отходов, поэтому, в настоящем исследовании сделан тематический обзор, направленный на переработку вторичных пищевых ресурсов, конечный продукт которых имеет сложившийся рыночный спрос.

Нами выяснено, что большой спрос имеют корма для продуктивных и непродуктивных животных. Мониторинг статистических данных в России компанией ООО «БизнесСтат» в 2020-2024 гг. производство комбикормов для продуктивных сельскохозяйственных животных в России возросло с 31 до 36 млн тонн, что на 73% заместило импорт. [2]

По данным Россельхознадзора за 2024 год, производство кормов для непродуктивных животных достигло 2,2 млн тонн. Их выпускают 56 субъектов Российской Федерации [13]. При этом спрос на данную продукцию постоянно растет, а отечественные производители не в полной мере удовлетворяют потребность, что открывает рыночную нишу для предприятий мясоперерабатывающей промышленности по переработке отходов в корма.

Интерес представляет разработка переработки соломы в корм путем применения ускоренной твердофазной биоферментации с применением закваски Леснова, что позволило получить продукт с повышенной энергетической ценностью и белковой составляющей за счет дополнительно образованного микробного белка. Также, путем биоферментации отрубей с закваской Леснова был получен кормовой продукт для свиноводства, который не уступал по показателям качества корму СК-6 [15].

Другой пример востребованного продукта из отходов растительного сырья – получение доброкачественного корма для животных путем переработки бобовых растений с помощью низкотемпературного обезвоживания. Используется зеленая фитомасса масса люцерны посевной (бобовая культура), скошенной в период бутонизации – фазы наибольшего накопления протеина, у которой пресс-остаток подвергается обычной сушке при температуре 50–60°С в течении 12,5–20 минут. Срок хранения в герметичных емкостях составляет 6 месяцев. При этом из используемого жома получается низкозатратный корм для животных, соответствующий по качеству сенажу уровня 2 класса [12]. Технология достаточно проста, малозатратна и может быть использована предприятиями МСП.

Большие площади в АПК отводятся под выращивание свеклы. Направление продуктов ее переработки – широкое. Свекловичный жом, выход которого достигает 80%, может использоваться для производства пищевого пектина и пектинового клея методом ультразвуковой обработки. Из него получают пищевые волокна, используемые для производства широкого спектра продуктов функционального питания, натуральный пищевой краситель. Разработаны и используются технологии мучных хлебопекарных смесей с пищевыми волокнами. Есть разработки биоразлагаемой упаковки. Свекловичная ботва используется на корм скоту мясного направления [26].

Разработана переработка кожицы, грубой мякоти и оболочек семян тыквы для получения кондитерского порошка, содержащего каротины, пектиновые вещества и клетчатку для внесения в тесто мучных выпечных изделий. Порошок получают методом измельчения и инфракрасной сушки.

В научных публикациях по технологиям переработки отходов растительного происхождения отмечаются основные приемы, используемые для получения вторичных продуктов, которые надо учитывать при принятии решения о возможности получения смежных продуктов. Переработка, в зависимости от вида сырья, предусматривает получение пектиновых веществ технологиями тепловой обработки в гидромодулях из выжимок овощей и фруктов. Для отрубей и грубых растительных волокон применяют кислотные растворы и перекиси, а крахмалсодержащее сырье обрабатывают амилолитическими ферментами [4]. На эти технологии можно ориентироваться при решении вопросов экономики устойчивого развития перерабатывающего предприятия.

Помимо производства кормов, есть другие направления «зеленых» технологий в переработке отходов растительного сырья крупными предприятиями АПК. Интересен опыт использования отходов растительного происхождения крупных переработчиков (древесная мука, отходы переработки сахарной свеклы, грибов Fomes fomentarius) для производства 5-гидроксиметилфурфурол – гуминов на предприятиях химической промышленности,

которые используются для изготовления особо прочных плит, электродных материалов, биополярных топливных элементов [27,33]. Композиты на основе гумино-карбамидного или гумино-меламинового полимера, наполненные древесной мукой, не уступают по качеству древесностружечным изделиям-фенопластам и экологически безопасны по токсичной составляющей.

Как было указано выше, отходы мясоперерабатывающих отраслей востребованы при производстве кормов для животных.

Известен способ получения корма для животных, получаемого смешением мясных отходов (включая падших животных) с растительными остатками, последующего измельчения массы, ее экструдирования при высоком давлении и термовоздействии, последующей стерилизации в режимах, обеспечивающих сохранение питательной ценности получаемого корма [5].

Для кормления поросят известен способ производства биоэффективного корма из смеси боенской крови, измельченных мясокостных отходов, дрожжевых культур из отходов пивоваренного производства и опавших листьев бальзамического тополя Populus balzamifera L. и повислой берёзы Betula pendula.

Технология физико-химической обработки коровьей кожи позволила получить гидролизат желатина, богатого пептидами, и применить его в кормлении цыплят-бройлеров [5].

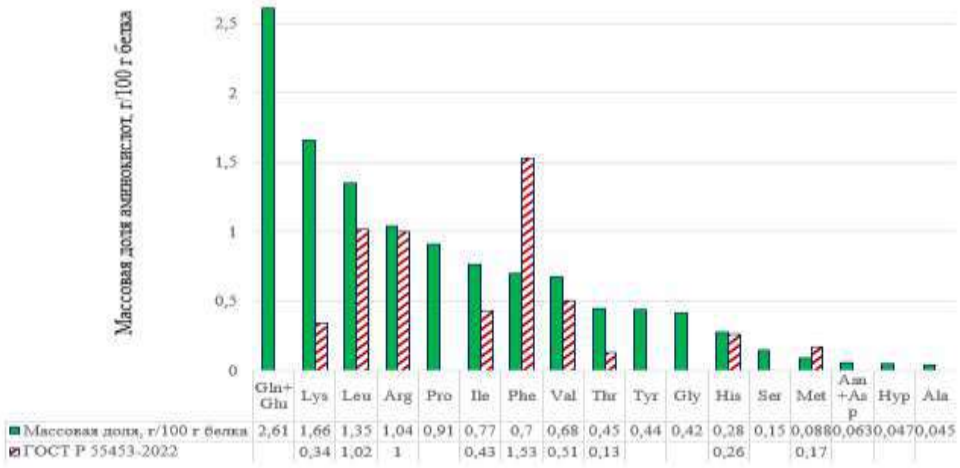
Коллективом ученых (Фисинин и др., 2019) созданы кормовые добавки животного происхождения, заменяющие рыбную муку, имеющую высокую стоимость. Для этого использовали вторичное сырье, получаемое при убое и переработке птицы (гидролизаты кератинсодержащего сырья, пробиотики и т.п.). Показаны возможности повышения продуктивности животных за счет улучшения микрофлоры [22].

Решению проблем технологий переработки посвящены разработки кафедры пищевых технологий и биоинженерии Российского экономического университета им. Г. В. Плеханова. В ходе научно-исследовательской работы был получен сухой корм «Органик-1» из мясной массы на мясном бульоне и «Органик-2» из мясной массы на мясном бульоне с добавлением мясных гранул для непродуктивных животных путем переработки мясокостных отходов от мясоперерабатывающих предприятий. Корм может быть рекомендован для популярной серии продуктов для домашних животных, а также использован для зверохозяйств АПК. Способ производства заключается в доработке мясокостных отходов, на которых остается мышечное мясо, недоступное для снятия при механической обработке туш.

Технологическое решение заключалось в термообработке мясокостных остовов в автоклаве, облегченного отделения остатков мякоти, измельчения и высушивания массы в щадящем режиме. Достоинством разработки являются подобранные режимы, которые позволяют использовать мясо свинины для производства корма домашним животным (собакам). Свинина в настоящее время при использовании других технологий не разрешена для производства кормов собакам ввиду риска заражения прионами. В разработанной технологии соблюдены нормы термовоздействия для гибели прионов, что позволяет получить полноценный натуральный корм из отходов свинины и говядины [5].

Нами исследовано, что спрос на корма для домашних питомцев остается высоким. Таким образом, для предприятий МСП простой способ производства кормов из отходов, не требующий особой модернизации производства, может использоваться для получения добавленной стоимости и создать основу внедрения технологий замкнутого цикла. Многие производители активно включились в эту тему, в результате чего за период 2019–2023 годов доля импорта кормов для домашних животных снизилась с 14,3 до 6,1% в общем объеме продаж продукции пэтфуд [7].

Нами проверено соответствие показателей качества разработанных авторами статьи кормов требованиям стандарта ГОСТ Р 55453–2022 «Корма для непродуктивных животных. Общие технические условия». По аминокислотному составу разработанные корма имели больший спектр, чем минимально установлено в стандарте, что является весомой пользой в питании животных. Сравнение уровня содержания нормируемых аминокислот показало соответствие требованиям ГОСТ (рис.1., рис 2). Влажность разработанных кормов соответствовала требованиям стандарта (рис.3).



	Gln+Glu	Lys	Leu	Arg	Pro	Ile	Phe	Val	Thr	Tyr	Gly	His	Ser	Met	Asn+Asp	Hyp	Ala
Массовая доля, г/100 г белка	2,61	1,66	1,35	1,04	0,91	0,77	0,7	0,68	0,45	0,44	0,42	0,28	0,15	0,088	0,063	0,047	0,045
ГОСТ Р 55453-2022		0,34	1,02	1		0,43	1,53	0,51	0,13			0,26		0,17			

Рисунок 1– Аминокислотный состав корма «Органик-1» на мясном бульоне с мясными гранулами и нормативы ГОСТ Р 55453–2022

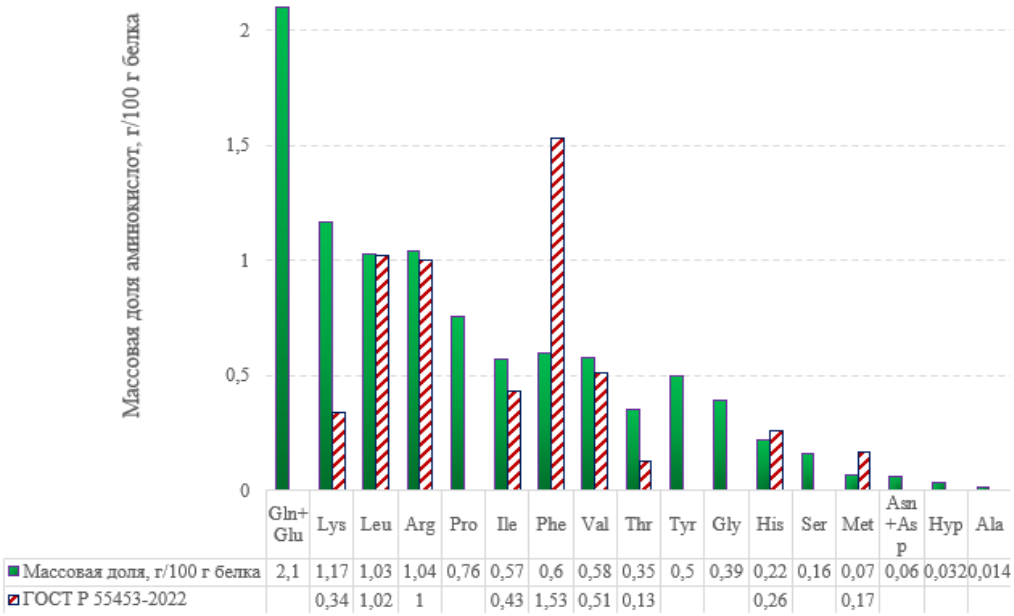


Рисунок 2 – Аминокислотный состав корма «Органик-2» на мясном бульоне и аминокислотный состав корма по требованиям ГОСТ Р 55453–2022

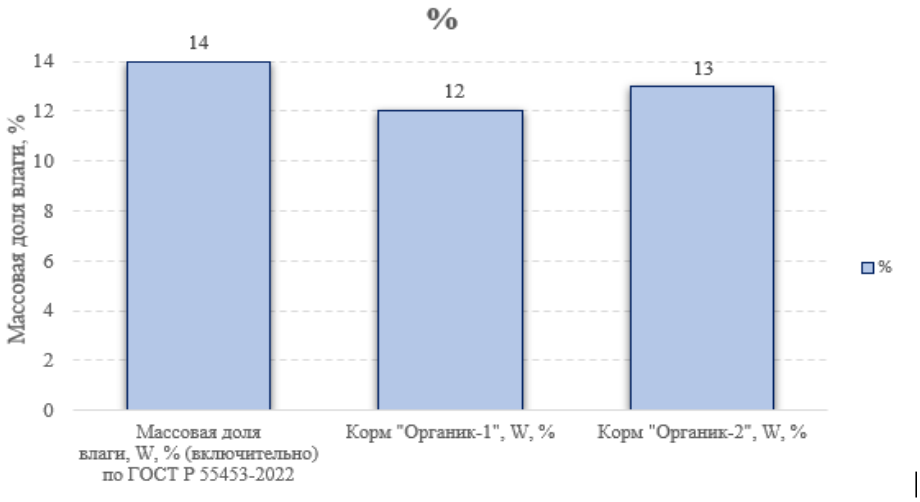


Рисунок 3 – Массовая доля влаги в исследованных кормах

Выводы. Комплексный анализ научно-технических источников позволил представить пути решения проблемы внедрения технологий замкнутого цикла для предприятий различной мощности, перерабатывающих растительное сырье и сырье животного происхождения. Сформирован информационный блок решений о технологиях переработки пищевых отходов в агропромышленном комплексе, раскрыты возможности для предприятий АПК в сокращении отходов производства и получения вторичных продуктов с высокой добавленной стоимостью. Были указаны различные способы и направления технологий, предложены варианты для организаций различной мощности и финансовых возможностей. Материалы будут служить основой пересмотра управленческих решений, интеграции со смежными отраслями, находящимися в районе местонахождения основных производств, взаимодействия с предприятиями-смежниками, создания новой актуальной продукции.

Список литературы

1. Агроинвестор. Аналитика. Е. Долбунова. На «зеленой» волне. Какие экологические технологии внедряют отечественные аграрии [Электронный ресурс]. URL: https://www.agroinvestor.ru/technologies/article/44340-na-zelenoy-volne-kakie-ekologicheskie-tekhnologii-vnedryayut-otechestvennye-agrarii/ (дата обращения: 02.12.2025).

2. Анализ рынка комбикормов в России в 2021-2025 гг, прогноз на 2026-2030гг [Электронный ресурс]. URL:https://businesstat.ru/catalog/id9260/?etext=2202.scVvFff9uhTUe7NTEP6JNRNebhMsSjy1En3o7VLW7DLk8IQ

TcgxK1AO9S4KOGqBm3f9n04QaZEckUy6zAw8o50i6h6Tahcnb7Qgh2kB8vRxlYWVhYmNkb2xrd211cXB3.bf4557eeea131ecb1f12dba7c8ff8771c28c00bd&yclid=6328388816339730431 (дата обращения: 05.12.2025)

3. Балякина, К. Д., Детиненко, С. А., Чернегов, Н. Ю./ К. Д Балякина, С. А. Детиненко, Н. Ю. Чернегов/ Переработка вторичных ресурсов как метод повышения эффективности деятельности предприятия АПК// Modern Science. – 2021. – № 4. – Т.1. – С. 77-86.

4. Березина Н.А., Хмелева Е.В. Анализ современного состояния применения вторичного растительного сырья пищевой промышленности: обзор предметного поля // Хлебопечение России. – 2023. – №67(1). – С.17–33.

5. Беспалова О.В., Соколов А.Ю., Гажур А.А. Разработка технологических решений для углубленной переработки мясокостных отходов на мясоперерабатывающих предприятиях // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2024. – №4. – С. 84 –104.

6. Горбунова, Н. А., Петрунина, И. В. Проблемы использования отходов при производстве продукции предприятиями мясной отрасли // Мясная Индустрия. – 2023. – № 9. – С. 32-36. http://doi.org/10.37861/2618-8252-2023-09-32-36

7. Денисова Г. Пэтфуд как бизнес. Как идет импортозамещение на рынке кормов для непродуктивных домашних животных // Агроинвестор. – 2024. – №67(1) [Электронный ресурс]. URL: https://www.agroinvestor.ru/investments/article/42249-petfud-kak-biznes-kak-idet-importozameshchenie-na-rynke-kormov-dlya-neproduktivnykh-domashnikh-zhivo/ (дата обращения: 02.12.2025).

8. ESG-подход к решению проблемы нерационального использования продовольствия в России [Электронный ресурс]. URL: https://raec.ru/activity/analytics/12964/ (дата обращения: 04.12.2025).

9. Ибрагимов А. Г. Экологические проблемы сельского хозяйства // Аграрная Наука. – 2019. – №4. – С. 73-75. http://doi.org/10.32634/0869-8155-2019-324-4-73-75

10. Развитие мясной отрасли в России: состояние и перспектив / Сухарникова М.А., Чекмарева Н.В., Ибрагимов А.Г. [и др.] // Зоотехния. – 2022. – №12. – С. 26-29. http://doi.org/10.25708/ZT.2022.19.10.008

11. Информация об образовании, обработке, утилизации, обезвреживании, размещении отходов производства и потребления [Электронный ресурс]. URL: https://rpn.gov.ru/open-service/analytic-data/statistic-reports/production-consumption-waste/ (дата обращения: 04.12.2025)

12. Киреева В. В., Матюшкин Ю. С. Переработка отходов растительного сырья с использованием низкотемпературного обезвоживания с получением корма для животных // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2022. – №2. –Т.59. – С.101–105.

13. Кошачий ЗОЖ: как в России развивается рынок кормов для домашних животных (РБК) [Электронный ресурс]. URL: https://www.rbc.ru/industries/news/682db98c9a79476cf9d2f47d?ysclid=miw30zwc3a868228347 (дата обращения: 05.12.2025)

14. Кузлякина, Ю. А., Замула, В. С. Практика управления экологическими рисками на мясоперерабатывающем предприятии //Все о мясе. – 2020. – №6. – С. 19-22. http://doi.org/10.21323/2071-2499-2020-6-19-22

15. Лазаревич, А.Н. Анализ экономической эффективности применения технологии производства кормового продукта в животноводстве./А.Н. Лазаревич //Вестник НГАУ. –2016. – №4. – С. 157–167.

16. Никифоров Л.Л. Модульная установка водоочистки //Мясная Индустрия. – 2023. – №3–С.50– 52. http://doi.org/10.37861/2618-8252-2023-03-50-52

17. Осянин Д. Н. Петрунина И. В. Анализ сырьевой базы предприятий мясной промышленности // Мясная Индустрия. – 2020. – № 4. – С.16-21. http://doi.org/10.37861/2618-8252-2020-4-16-21

18. Петрунина, И. В., Горбунова, Н. А. Использование модели экономики замкнутого цикла в отдельных отраслях агропромышленного комплекса // Пищевые системы. – 2024. – № 7. – Т.2. – С. 231-237. http://doi.org/10.21323/2618-9771-2024-7-2-231-237

19. Порфирьев, Б. Н. Повышение эффективности обращения с отходами производства и потребления/ Б.Н. Порфирьев // Проблемы прогнозирования. – 2020. – №1. – Т.178. – С. 123-125.

20. Рамазанов И. А., Николаева М. А., Рамазанов С. А. Экосистемный подход как инструмент решения проблем мясного рынка // Аграрная наука. – 2024. – №5. – С. 129-135. http://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-382-5-129-135

21. Федеральный закон «О качестве и безопасности пищевых продуктов» от 02.01.2000 года № 29-ФЗ (последняя редакция). URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_25584/?ysclid=m2cdi9fsrq425127131 (дата обращения: 20.11.2025).

22. Микрофлора желудочно-кишечного тракта и продуктивность цыплят-бройлеров (Gallus gallus l.) под влиянием кормовых добавок из гидролизатов кератин- и коллагенсодержащего сырья/ В.И. Фисинин, В.С. Лукашенко, И.П. Салеева [и др.] // Сельскохозяйственная биология. – 2019. – № 54. – Т.2. – С. 291-303. DOI:10.15389/agrobiology.2019.2.291rus

23. Хайруллина, О. И. Тенденции производства и потребления основных видов мяса в России //Креативная экономика. – 2021. – №15. – Т.5. – С. 2245–2260.

24. Особенности экосистемы биологических прудов в процессе естественной очистки животноводческих стоков/ В.Г. Тюрин, Н.В. Родионова, К.Н. Бирюков [и др.] // Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии. – 2023. – №2. – Т.46. – С. 208–211. http://doi.org/10.36871/vet.san.hyg.ecol.202302012

25. Baskar, A. V., Bolan, N., Hoang, S. A., Sooriyakumar, P., Kumar, M., Singh, L., Jasemizad, T., Padhye, L. P., Singh, G., Vinu, A., Sarkar, B., Kirkham, M. B., Rinklebe, J., Wang, S., Wang, H., Balasubramanian, R., Siddique, K. H. M. (2022). Recovery, regeneration and sustainable management of spent adsorbents from wastewater treatment streams: A review. Science of the Total Environment, 822, 153555. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.153555

26. Berezina N.A., Nikitin I.A., Terentiev S.E., Tryabas Y.A., Klokonos M.V. The use of secondary raw materials of food production for bakery flour mixtures // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Mechanization, engineering, technology, innovation and digital technologies in agriculture, 2021.Vol.723(3):032094.

27. Chernysheva, D.V., Konstantinov, M.S., Sidash, E.A., Smirnova, N.V., Ananikov,V.P. Sugar Biomass Waste Conversion for the Preparation of Carbon Materials for Supercapacitors and Catalysts for Oxygen Reduction. Energy Technology, 2023. Vol.11(3), 2201145.

28. Davison, T., Black, J., Moss, J. Red meat – an essential partner to reduce global greenhouse gas emissions. Animal Frontiers, 2020. Vol.10(4), 14–21. http://doi.org/10.1093/af/vfaa035

29. Izydorczyk, G., Mikula, K., Skrzypczak, D., Witek-Krowiak, A., Mironiuk, M., Furman, K., Gramza, M., Moustakas, K., Chojnacka, K. Valorization of poultry slaughterhouse waste for fertilizer purposes as an alternative for thermal utilization methods. Journal of Hazardous Materials, 2022. Vol. (424), 127328. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.127328

30. Karabasil, N., Kilibarda, N., Stojanović, E. Meat matters: tackling food loss and waste in the meat sector. Meat Technology, 2023. Vol. 64(2). Pp.177-182. http://doi.org/10.18485/meattech.2023.64.2.32

31. Lewisch, L., Riefer, P. Cultured meat acceptance for global food security: a systematic literature review and future research directions. Agricultural and Food Economics, 2023. Vol. (11):48 https://doi.org/10.1186/s40100-023-00287-2

32. Karabasil, N., Bošković, T., Kilibarda,N., Čobanović, N., Vićić, I. & Dimitrijević, M. Sustainable meat production. Meat Technology, 2023. Vol. 64(2),pp.133 –135. https://doi.org/10.18485/meattech.2023.64.2.23

33. Kataria, Y.V., Klushin, V.A., Kashparova, V.P., Tokarev, D.V., Smirnova, N.V. Conductive polymer composite materials based on furan polyimines for bipolar fuel cell plates. ChemChemTech, 2021. Vol. 66(3), pp.93–99.

34. Ragasri, S. Sabumon, P.C. A critical review on slaughterhouse waste management and framing sustainable practices in managing slaughterhouse waste in India, Journal of Environmental Management, 2023. Vol. (327), 116823. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.116823

35. Raihan, A. The influence of meat consumption on greenhouse gas emissions in Argentina. Resources Conservation & Recycling Advances, 2023. Vol. 19(4), 200183. https://doi.org/10.1016/j.rcradv.2023.200183

36. Sabumon, P.C. A critical review on slaughterhouse waste management and framing sustainable practices in managing slaughterhouse waste in India. Journal of Environmental Management, 2023. Vol. 327(1), 116823. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.116823

37. Suychinov, A., Akimova, A., Kakimov, D. A., Zharykbasov, Y., Baikadamova, A., Okuskhanova, E., Bakiyeva, A., Ibragimov, N. Revolutionizing meat processing: A nexus of technological advancements, sustainability, and cultured meat evolution. Slovak Journal of Food Sciences, 2024. Vol. (18), pp.331–346. https://doi.org/10.5219/1957

38. Ungureanu, N., Vladut, V., Biris, S.S., Gheorghiță, N. E. Management of waste and by-products from meat industry. International Symposium ISB-INMATEH – Agricultural and Mechanical Engineering, 2023. pp.256-267. Bucharest: INMA.

39. Yu, Y., Liang, Z., Liao, W., Ye, Z., Li, G., An, T. Contributions of meat waste decomposition to the abundance and diversity of pathogens and antibiotic-resistance genes in the atmosphere. Science of the Total Environment, 2021. Vol. (784), 147128.https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147128

References

1. Agroinvestor. Analytics. E. Dolbunova. "On the Green Wave. What Environmental Technologies Are Domestic Farmers Implementing?" [Electronic resource]. URL: https://www.agroinvestor.ru/technologies/article/44340-na-zelenoy-volne-kakie-ekologicheskie-tekhnologii-vnedryayut-otechestvennye-agrarii/ (accessed: 02.12.2025).

2. Analysis of the Russian Feed Market in 2021-2025, Forecast for 2026-2030 [Electronic resource]. URL: https://businesstat.ru/catalog/id9260/?etext=2202.scVvFff9uhTUe7NTEP6JNRNebhMsSjy1En3o7VLW7DLk8IQTcgxK1AO9S4KOGqBm3f9n04QaZEckUy6zAw8o50i6h6Tahcnb7Qgh2kB8vRxlYWVhYmNkb2xrd211cXB3.bf4557eeea131ecb1f12dba7c8ff8771c28c00bd&yclid=6328388816339730431 (Accessed: 05.12.2025)

3. Balyakina, K. D., Detinenko, S. A., Chernegov, N. Yu. / K. D. Balyakina, S. A. Detinenko, N. Yu. Chernegov / Recycling of secondary resources as a method for increasing the efficiency of an agricultural enterprise // Modern Science. - 2021. - No. 4. - Vol. 1. - P. 77-86.

4. Berezina N.A., Khmeleva E.V. Analysis of the current state of use of secondary plant raw materials in the food industry: a review of the subject field // Bread baking of Russia. - 2023. - No. 67 (1). - P. 17-33.

5. Bespalova O.V., Sokolov A.Yu., Gazhur A.A. Development of technological solutions for in-depth processing of meat and bone waste at meat processing plants // Storage and processing of agricultural raw materials. - 2024. - No. 4. - P. 84-104.

6. Gorbunova, N. A., Petrunina, I. V. Problems of waste use in the production of products by enterprises of the meat industry // Meat Industry. - 2023. - No. 9. - P. 32-36. http://doi.org/10.37861/2618-8252-2023-09-32-36

7. Denisova G. Pet food as a business. How is import substitution going in the market of feed for non-productive pets // Agroinvestor. - 2024. - No. 67 (1) [Electronic resource]. URL: https://www.agroinvestor.ru/investments/article/42249-petfud-kak-biznes-kak-idet-importozameshchenie-na-rynke-kormov-dlya-neproduktivnykh-domashnikh-zhivo/ (accessed: 02.12.2025).

8. An ESG approach to solving the problem of irrational food use in Russia [Electronic resource]. URL: https://raec.ru/activity/analytics/12964/ (accessed: 04.12.2025).

9. Ibragimov A. G. Environmental problems of agriculture // Agrarian Science. - 2019. - No. 4. - P. 73-75. http://doi.org/10.32634/0869-8155-2019-324-4-73-75

10. Development of the meat industry in Russia: state and prospects / Sukharnikova M.A., Chekmareva N.V., Ibragimov A.G. [et al.] // Zootechnics. - 2022. - No. 12. - P. 26-29. http://doi.org/10.25708/ZT.2022.19.10.008

11. Information on the formation, processing, utilization, neutralization, placement of production and consumption waste [Electronic resource]. URL: https://rpn.gov.ru/open-service/analytic-data/statistic-reports/production-consumption-waste/ (accessed: 04.12.2025)

12. Kireeva V. V., Matyushkin Yu. S. Processing of plant waste using low-temperature dehydration to produce animal feed // Proceedings of the Rostov State Transport University. - 2022. - No. 2. - Vol. 59. - Pp. 101-105.

13. Feline Healthy Lifestyle: How the Pet Food Market is Developing in Russia (RBC) [Electronic resource]. URL: https://www.rbc.ru/industries/news/682db98c9a79476cf9d2f47d?ysclid=miw30zwc3a868228347 (accessed: 05.12.2025)

14. Kuzlyakina, Yu. A., Zamula, V. S. Practice of environmental risk management at a meat processing plant // All about meat. - 2020. - No. 6. - P. 19-22. http://doi.org/10.21323/2071-2499-2020-6-19-22

15. Lazarevich, A. N. Analysis of the economic efficiency of applying feed production technology in animal husbandry. / A. N. Lazarevich // Bulletin of NGAU. - 2016. - No. 4. – P. 157–167.

16. Nikiforov L.L. Modular water treatment unit // Meat Industry. – 2023. – No. 3–P.50–52. http://doi.org/10.37861/2618-8252-2023-03-50-52

17. Osyanin D.N. Petrunina I.V. Analysis of the raw material base of meat industry enterprises // Meat Industry. – 2020. – No. 4. – P.16–21. http://doi.org/10.37861/2618-8252-2020-4-16-21

18. Petrunina, I.V., Gorbunova, N.A. Use of the closed-loop economy model in certain sectors of the agro-industrial complex // Food systems. – 2024. – No. 7. – Vol. 2. – P. 231-237. http://doi.org/10.21323/2618-9771-2024-7-2-231-237

19. Porfiryev, B. N. Improving the efficiency of production and consumption waste management / B.N. Porfiryev // Problems of Forecasting. – 2020. – No. 1. – Vol. 178. – P. 123-125.

20. Ramazanov I. A., Nikolaeva M. A., Ramazanov S. A. Ecosystem approach as a tool for solving meat market problems // Agrarian science. – 2024. – No. 5. – P. 129-135. http://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-382-5-129-135

21. Federal Law "On the Quality and Safety of Food Products" dated 02.01.2000 No. 29-FZ (latest revision). URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_25584/?ysclid=m2cdi9fsrq425127131 (accessed: 20.11.2025). 22. Microflora of the gastrointestinal tract and productivity of broiler chickens (Gallus gallus l.) under the influence of feed additives from hydrolysates of keratin- and collagen-containing raw materials / V.I. Fisinin, V.S. Lukashenko, I.P. Saleeva [et al.] // Agricultural Biology. - 2019. - No. 54. - Vol. 2. - P. 291-303. DOI: 10.15389/agrobiology.2019.2.291rus

23. Khairullina, O. I. Trends in the production and consumption of the main types of meat in Russia // Creative Economy. - 2021. - No. 15. - Vol. 5. - P. 2245-2260.

24. Features of the ecosystem of biological ponds in the process of natural purification of livestock wastewater / V.G. Tyurin, N.V. Rodionova, K.N. Biryukov [et al.] // Problems of veterinary sanitation, hygiene and ecology. - 2023. - No. 2. - V. 46. - P. 208-211. http://doi.org/10.36871/vet.san.hyg.ecol.202302012 Khairullina, O. I. Trends in the Production and Consumption of the Main Types of Meat in Russia. / O.I. Khairullina // Creative Economy. - 2021. - No. 15. -V. 5. - P. 2245-2260.

25. Baskar, A. V., Bolan, N., Hoang, S. A., Sooriyakumar, P., Kumar, M., Singh, L., Jasemizad, T., Padhye, L. P., Singh, G., Vinu, A., Sarkar, B., Kirkham, M. B., Rinklebe, J., Wang, S., Wang, H., Balasubramanian, R., Siddique, K. H. M. (2022). Recovery, regeneration and sustainable management of spent adsorbents from wastewater treatment streams: A review. Science of the Total Environment, 822, 153555. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.153555

26. Berezina N.A., Nikitin I.A., Terentiev S.E., Tryabas Y.A., Klokonos M.V. The use of secondary raw materials of food production for bakery flour mixtures // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Mechanization, engineering, technology, innovation and digital technologies in agriculture, 2021.Vol.723(3):032094.

27. Chernysheva, D.V., Konstantinov, M.S., Sidash, E.A., Smirnova, N.V., Ananikov,V.P. Sugar Biomass Waste Conversion for the Preparation of Carbon Materials for Supercapacitors and Catalysts for Oxygen Reduction. Energy Technology, 2023. Vol.11(3), 2201145.

28. Davison, T., Black, J., Moss, J. Red meat – an essential partner to reduce global greenhouse gas emissions. Animal Frontiers, 2020. Vol.10(4), 14–21. http://doi.org/10.1093/af/vfaa035

29. Izydorczyk, G., Mikula, K., Skrzypczak, D., Witek-Krowiak, A., Mironiuk, M., Furman, K., Gramza, M., Moustakas, K., Chojnacka, K. Valorization of poultry slaughterhouse waste for fertilizer purposes as an alternative for thermal utilization methods. Journal of Hazardous Materials, 2022. Vol. (424), 127328. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.127328

30. Karabasil, N., Kilibarda, N., Stojanović, E. Meat matters: tackling food loss and waste in the meat sector. Meat 30. Technology, 2023. Vol. 64(2). Pp.177-182. http://doi.org/10.18485/meattech.2023.64.2.32

31. Lewisch, L., Riefer, P. Cultured meat acceptance for global food security: a systematic literature review and future research directions. Agricultural and Food Economics, 2023. Vol. (11):48 https://doi.org/10.1186/s40100-023-00287-2

32.Karabasil, N., Bošković, T., Kilibarda,N., Čobanović, N., Vićić, I. & Dimitrijević, M. Sustainable meat production. Meat Technology, 2023. Vol. 64(2),pp.133 –135. https://doi.org/10.18485/meattech.2023.64.2.23

33.Kataria, Y.V., Klushin, V.A., Kashparova, V.P., Tokarev, D.V., Smirnova, N.V. Conductive polymer composite materials based on furan polyimines for bipolar fuel cell plates. ChemChemTech, 2021. Vol. 66(3), pp.93–99.

34.Ragasri, S. Sabumon, P.C. A critical review on slaughterhouse waste management and framing sustainable practices in managing slaughterhouse waste in India, Journal of Environmental Management, 2023. Vol. (327), 116823. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.116823

35.Raihan, A. The influence of meat consumption on greenhouse gas emissions in Argentina. Resources Conservation & Recycling Advances, 2023. Vol. 19(4), 200183. https://doi.org/10.1016/j.rcradv.2023.200183

36.Sabumon, P.C. A critical review on slaughterhouse waste management and framing sustainable practices in managing slaughterhouse waste in India. Journal of Environmental Management, 2023. Vol. 327(1), 116823. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.116823

37.Suychinov, A., Akimova, A., Kakimov, D. A., Zharykbasov, Y., Baikadamova, A., Okuskhanova, E., Bakiyeva, A., Ibragimov, N. Revolutionizing meat processing: A nexus of technological advancements, sustainability, and cultured meat evolution. Slovak Journal of Food Sciences, 2024. Vol. (18), pp.331–346. https://doi.org/10.5219/1957

38.Ungureanu, N., Vladut, V., Biris, S.S., Gheorghiță, N. E. Management of waste and by-products from meat industry. International Symposium ISB-INMATEH – Agricultural and Mechanical Engineering, 2023. pp.256-267. Bucharest: INMA.

39. Yu, Y., Liang, Z., Liao, W., Ye, Z., Li, G., An, T. Contributions of meat waste decomposition to the abundance and diversity of pathogens and antibiotic-resistance genes in the atmosphere. Science of the Total Environment, 2021. Vol. (784), 147128.https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147128

10.52671/26867591_2026_1_205
УДК 663.259:634.113.22

ПРИМЕНЕНИЕ ДРОЖЖЕВЫХ КОМПОЗИЦИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ ОСТАТОЧНЫХ ПИВНЫХ ДРОЖЖЕЙ, В ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТАХ

БОДРОВ А. Ю., ст. преподаватель
КОЩИНА Е. И., ст. преподаватель
НАФИКОВА А. Р., ст. преподаватель
ИЛЛАРИОНОВА О. В., ст. преподаватель
НИГМАТЗЯНОВ А. С., ст. преподаватель
ФГБОУ ВО «Башкирский ГАУ», г. Уфа, Россия

APPLICATION OF YEAST COMPOSITIONS OBTAINED FROM RESIDUAL BEER YEAST IN FOOD PRODUCTS

BODROV A.Y., Senior Lecturer
KOSHCHINA E.I., Senior Lecturer
NAFIKOVA A.R., Senior Lecturer
ILLARIONOVA O.V., Senior Lecturer
NIGMATZYANOV A.S., Senior Lecturer
Bashkir State Agrarian University, Ufa, Russia

Аннотация. Представленная работа посвящена исследованию процессов получения и применения дрожжевых композиций (ДК1 и ДК2) в пищевых технологиях. Основное внимание уделено двум аспектам: улучшению технологического процесса изготовления пива и повышению пищевой ценности хлебобулочных изделий. Исследованы методы обработки пивных дрожжей, включая использование сверхвысокочастотных

волн (СВЧ) для полной гибели клеток. Разработаны две разновидности композиций: ДК1 (полуфабрикат длительного хранения, полученный из обработанных водой дрожжей с добавлением пчелиной перги) и ДК2 (жидкая композиция для быстрого применения в пивоварении). Изучено воздействие ДК1 на повышение пищевой ценности и улучшение технологических характеристик хлеба и оладий. Определены оптимальные концентрации ДК1, позволяющие снизить дозу используемых дрожжей на 12% и ускорить подготовку теста. Проведен анализ влияния ДК2 на интенсивность брожения, рост клеток и конечные характеристики пива. Показана эффективность добавки, позволяющей сократить этап главного брожения на 20-24 часа, сохраняя высокое качество продукции. Применение дрожжевых композиций способствует оптимизации технологических процессов в пивоварении и хлебопечении, обеспечивая экономическую выгоду и сохранение высоких качественных характеристик готовой продукции. Разработка эффективных методов активации дрожжей и введения полезных питательных добавок представляет значительный интерес для промышленности, особенно в условиях поиска инновационных решений в рамках программы импортозамещения.

Ключевые слова: пивные дрожжи, хлеб, оладьи, пиво, СВЧ.

Abstract. *The presented work is devoted to the study of the processes of obtaining and applying yeast compositions (DK1 and DK2) in food technology. The main attention is paid to two aspects: improving the technological process of beer production and increasing the nutritional value of bakery products. Methods of brewer's yeast processing have been investigated, including the use of ultrahigh frequency waves (UHF) for complete cell death. Two types of compositions have been developed: DK1 (a semi-finished product of long-term storage obtained from water-treated yeast with the addition of bee parchment) and DK2 (a liquid composition for rapid use in brewing). The analysis of the effect of DC2 on the intensity of fermentation, cell growth and final characteristics of beer was carried out. The effectiveness of the additive is shown, which makes it possible to reduce the main fermentation stage by 20-24 hours, while maintaining high product quality. The effect of DC1 on increasing the nutritional value and improving the technological characteristics of bakery products (for example, pancakes and bread) has been studied. Optimal concentrations of DC1 have been determined, which make it possible to reduce the dose of yeast used by 12% and speed up the preparation of the dough. The use of yeast compositions contributes to the optimization of technological processes in brewing and baking, providing economic benefits and maintaining high quality characteristics of finished products. The development of effective methods for yeast activation and the introduction of beneficial nutritional supplements is of considerable interest to the industry, especially in the context of the search for innovative solutions within the framework of the import substitution program.*

Keywords: *beer yeast, bread, beer, microwave*.

Введение. Автолизаты, полученные из клеток дрожжей-сахаромицетов, характеризуются высоким содержанием биологически активных компонентов. Их пищевая ценность обусловлена присутствием витаминов, аминокислот и минеральных элементов. Современные методы производства автолизатов и гидролизатов основаны преимущественно на тепловом воздействии и эффекте кавитации, среди которых выделяют обработку ультрафиолетовым излучением, микроволнами, ультразвуком и теплом. Помимо физических методов, используются химические реагенты, включая кислоты, ферменты и аммиак. В основном данные препараты применяются для активации этапов дрожжегенерирования и брожения [1-7].

Цель исследования – получить дрожжевые композиции из клеток остаточных пивных дрожжей и применить их в рецептурах пива, оладий и хлеба для интенсификации процесса брожения и улучшения качества конечного продукта.

Задачи исследования – получить дрожжевые композиции, определить их оптимальную дозировку внесения на этапе брожения при производстве пива, оладий, и хлеба, а также изучить их влияние на органолептические и физико-химические показатели готовых продуктов и интенсификацию процесса брожения.

Объекты и методы исследования. Исследование было выполнено в лабораториях кафедры технологии общественного питания и переработки растительного сырья ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет» в период 2023-2025 гг. В работе использовали следующее сырье: остаточные пивные дрожжи, взятые с 5 генерации, пивное сусло, полученное из светлого солода на минипивоварне, мука пшеничная, вода и ингредиенты, входящие в рецептуру хлеба, согласно сборнику рецептур [8].

Результаты и их обсуждение. *Этап получения дрожжевых композиций*. В наших исследования для получения подобных препаратов применялись остаточные пивные дрожжи, разведенные в воде (дрожжевая суспензия 1 – ДС1) и пивные дрожжи, разведенные в пивном сусле экстрактивностью 12 % (дрожжевая суспензия 2 – ДС2) до концентрации клеток $2 \cdot 10^9$ на $см^3$ и выдержанные 60 минут в термостате при температуре 28°С для реактивации дрожжей. Приготовленные дрожжевые суспензии подвергали воздействию сверхвысокочастотными волнами частотой 2450 МГц до температуры 70…73°С. Продолжительность обработки дрожжевых суспензий определяли исходя из количества погибших клеток, которое в конечном продукте должно достигать 100%. (рис. 1).

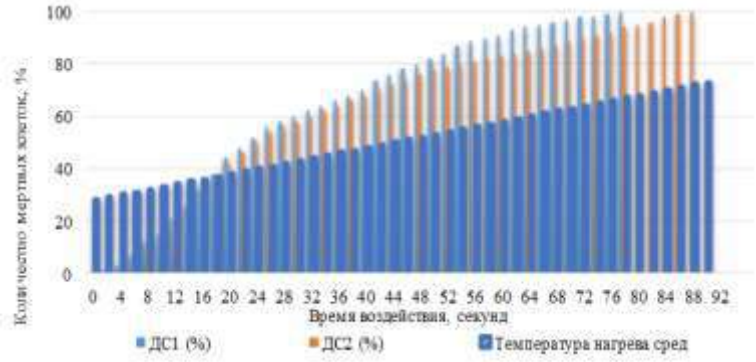


Рисунок 1 - Влияние продолжительности обработки дрожжевых суспензий на выживаемость клеток дрожжей

Установлено, что гибель клеток наступает на 78 секунде в ДС1, на 86 – в ДС2. Таким образом можно сделать вывод, что клетки в пивном сусле более устойчивы к разрушению и требуется больше времени на их гибель. Нагрев всех дрожжевых суспензий происходит равномерно во всех образцах и к 86 секунде воздействия составляет 73 ℃, то есть среды нагреваются на 45 ℃.

Далее готовили дрожжевые композиции:

Дрожжевая композиция ДК1. Дрожжевую суспензию 1, полученную из клеток пивных дрожжей, разведенных в воде, после обработки СВЧ волнами подвергают дополнительному упариванию, сушке и измельчению совместно с пчелиной пергой в соотношении 3:1, что позволяет получить дрожжевую композицию (ДК1) как биологически активную добавку к пище с длительным сроком хранения. Полученный полуфабрикат может применяться для производства продуктов питания, содержащих недостаточное количество белка, аминокислот, витаминов и минеральных веществ, а также для активации хлебопекарных дрожжей перед подготовкой тестовых заготовок.

Дрожжевая композиция ДК2. Суспензию остаточных пивных дрожжей после 5 генерации доводят пивным суслом до концентрации клеток $2 \cdot 10^9$ на $см^3$ с последующим воздействием на них сверхвысокочастотных волн частотой 2450 МГц до полного разрушения клеточных оболочек (100% мертвых клеток). Жидкую дрожжевую композицию, полученную воздействием сверхвысокочастотных волн частотой 2450 МГц на пивные дрожжи, используют в производстве пива в качестве активатора брожения сразу после приготовления. Полученная композиция служит в качестве подкормки при культивировании дрожжей или на начальных стадиях брожения. Данная композиция имеет короткий срок хранения и не подлежит транспортировке на дальние расстояния.

Дрожжевые композиции содержат 16 видов аминокислот. Суммарное содержание аминокислот в препарате ДК1 достигает 7228,5 мг/100 $см^3$, тогда как в препарате ДК2 оно равно 7149,4 мг/100 $см^3$, что меньше показателя ДК1 на 79,1 мг/100 $см^3$. Аминокислоты играют важную роль в пивоваренном процессе, обеспечивая дрожжи азотом необходимым для синтеза белков и ферментов на стадиях размножения и сбраживания. Обычно дрожжи сами производят необходимые аминокислоты из сахаров, однако этот процесс снижает доступность углеводов и уменьшает выход конечного продукта – пива. Добавление специальных питательных добавок в среде роста улучшает «здоровье» клеток дрожжей и сокращает потребление сахара на образование биомассы.

Чтобы оценить эффективность разработанных составов, провели исследования их влияния на производство пива и хлеба на стадии подготовки дрожжей перед началом процесса брожения.

Этап применения ДК1 в технологии оладий и хлеба

Распространёнными продуктами питания среди населения являются изделия из муки, особое предпочтение отдаётся хлебу. Не менее популярным являются оладьи. Оладьи – традиционное блюдо русской кухни, представляющее собой небольшие круглые лепешки, приготовленные из теста на основе муки, яиц, молока или кефира, сахара и соли. Тесто часто делают дрожжевым [9-10]. Оладьи жарят на сковороде с маслом до золотистой корочки. Несмотря на свою распространённость в быту и торговом обороте, пшеничная мука обладает низкой биологической ценностью. Улучшение пищевых качеств повседневных мучных изделий, особенно тех, что готовятся на дрожжевом тесте, остаётся важной проблемой. Важнейшими показателями качества и пищевой ценности являются содержание витаминов, незаменимых аминокислот, минералов и микро- и макроэлементов. Таким образом, специалисты сталкиваются с необходимостью поиска эффективных способов повышения полезных свойств продуктов путём введения специальных добавок.

Мы предлагаем инновационную разработку – специальную дрожжевую композицию ДК1, получаемую из клеток хлебопекарных дрожжей, обработанных микроволновой энергией, прошедших дополнительную термообработку, сушку и измельчение вместе с пчелиным продуктом – пергой в пропорции 3:1. Этот метод позволяет создать высокоэффективную биологически активную добавку длительного срока годности, пригодную для улучшения качественных характеристик пищи с

низким содержанием белков, аминокислот, витаминов и минералов, а также активирующую хлебопекарные дрожжи при подготовке хлеба и выпечки. Данные разработки защищены патентом [11].

В проведенных исследованиях были поставлены следующие задачи: найти оптимальную дозировку ДК1, которая позволит не только активировать дрожжи, но и обогатит готовое изделие; провести контроль качества полученных изделий.

При сбалансированном рационе питания особое внимание уделяется потреблению белков, которые можно получать из традиционных продуктов растительного и животного происхождения, а также белков микробного происхождения, полученных из безопасных микроорганизмов, грибков и дрожжей. Биомасса микроорганизмов представляет собой самый популярный источник не только белка, но и важных питательных веществ, включая витамины, аминокислоты и полисахариды. Исследование проводилось на основе стандартной рецептуры оладий из общепринятого кулинарного справочника [8]. Оптимальная концентрация ДК1 определялась посредством быстрого анализа способности состава вызывать брожение.

Различные концентрации дрожжевой композиции растворялись в воде с температурой 28°С, исходя из общего веса образцов равного 50 граммам. Затем в каждую разводку добавляли 14 граммов сухих дрожжей. Растворы помещали в термостат, поддерживающий температуру 28°С, и фиксировали время начала активации дрожжей. Первоначально шаг варьирования количества дрожжевого компонента составлял 0,5 грамма для состава ДК1. Во всех пробах первые признаки ферментации проявились спустя 8 минут, однако незначительное отличие было отмечено в растворе с содержанием ДК1 в количестве 2 грамма, где процесс образования пены начался на минуту раньше – на седьмой минуте. После анализа полученных данных эксперимент был проведен повторно с увеличением шага дозировки до 1 грамма и повышением содержания ДК1 до 4 граммов. Итоговые наблюдения показали, что образец с добавлением 4 граммов дрожжевой композиции активирует дрожжи вдвое быстрее контрольного образца, сокращая время реакции до 15 минут. Данная концентрация (опытный образец) применялась в рецептуре изделий, для оценки его влияния на технологические показатели брожения и вкус готового продукта.

Отклонение уровня влажности от значений, установленных нормативами, негативно отражается на качестве готовой продукции. Недостаточная, либо избыточная влажность способствует ухудшению органолептических характеристик продукта, включая изменение вкуса, структуры и снижение сроков хранения. Именно поэтому контроль данного параметра является необходимым элементом физико-химического анализа. Воздействие количества вносимой ДК1 на влажность теста для оладий представлена на рисунке 2.

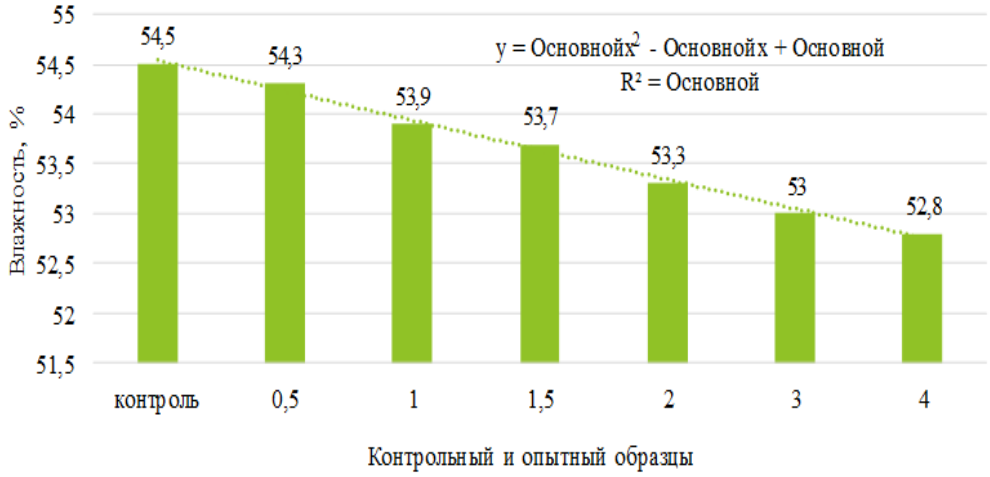


Рисунок 2 - Изменение влажности изделий при добавлении в рецептуру дрожжевых композиций

Наблюдается снижение уровня влажности теста при повышении количества добавляемого компонента ДК1. Линейная связь здесь выражена ярко, показатель коэффициента корреляции составляет 0,99. Это объясняется присутствием муки в составе самой закваски, способствующей уменьшению общей влажности теста. Для приготовления качественного хлеба оптимальной считается влажность теста в пределах 59-64%. Если этот уровень ниже, готовые изделия получаются излишне плотными и плохо пористыми. Исходя из этого, рекомендуется ограничивать долю вносимой закваски максимум 30% или соответствующим образом регулировать объем жидких компонентов в рецептуре.

Кислотность полуфабриков (теста) – важнейший показатель их качества, главным образом определяющий органолептические показатели, такие как вкус и запах готовых изделий. Кислотность теста измерялась в конце брожения, то есть по истечении 3,5 ч. Кислотность теста представлена на рисунке 3.

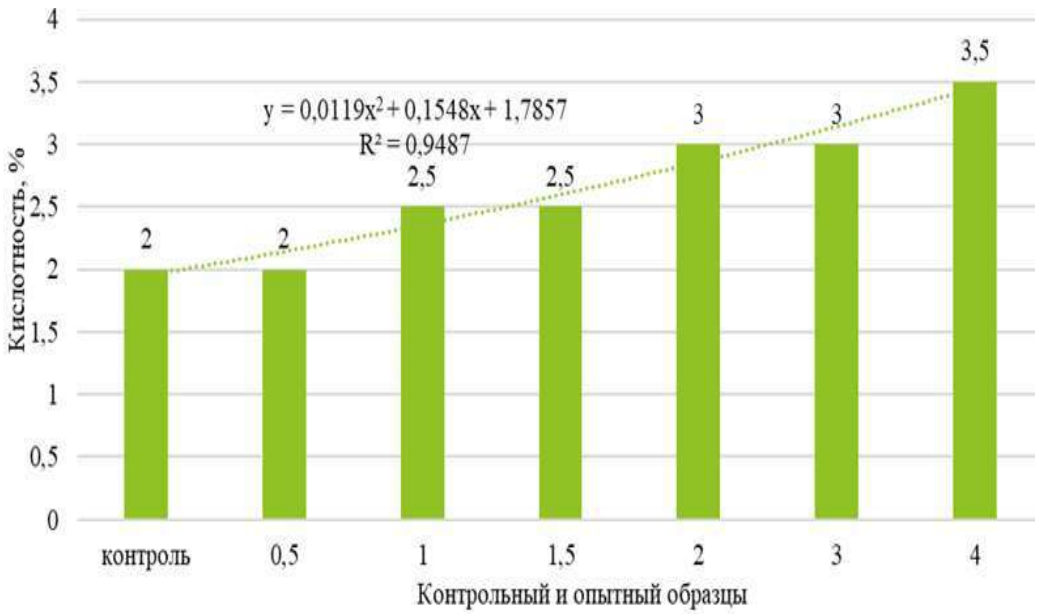


Рисунок 3 - Изменение кислотности теста при добавлении в рецептуру ДК1

Наблюдаем незначительное увеличение кислотности теста, не ухудшающее качество изделий.

Органолептические показатели – вкус, запах, цвет, внешний вид, форма в значительной степени определяют качество готовых изделий. Данные показатели определяются при помощи органов чувств человека. Все они должны анализироваться и строго соответствовать требуемым стандартам.

Результаты органолептической оценки оладий с различным содержанием дрожжевой композиции отражены в таблице 1.

Таблица 1 - Органолептическая оценка оладий с разным содержанием ДК

Показатели качества изделия	Варианты пробных выпечек с различным содержанием дрожжевой композиции				
	контроль	1%	2%	3%	4%
Консистенция	Менее пористая мякоть			Очень пористая, мягкая, эластична - нежно, пышная мякоть	
Цвет	Равномерная золотистая корочка, мякоть бело-золотистого цвета			Равномерная золотистая корочка, мякоть насыщенно белого цвета	
Внешний вид	Целостность изделия сохранена, без изломов, трещин Окраска и форма соответствует				
Запах	Без постороннего аромата Свойственно.			Соответствует запаху	
Вкус	Вкус пропеченных оладий, без постороннего вкуса			соответствует	соответствует	излишний

По результатам органолептической оценки максимальная оценка – 27,9 баллов, была присвоена контрольному образцу; очень близкое значение 26,7 балла – образцу с 3%. Полученные данные показывают, что использование дрожжевой композиции положительно сказывается на активности дрожжей в процессе созревания опары и ферментации теста. Результаты позволяют сделать вывод о возможности сокращения либо продолжительности приготовления теста, либо дозы добавляемого дрожжевого сырья. Чтобы подтвердить второе предположение, было проведено повторное изготовление теста для оладий с уменьшенной нормой внесения дрожжей. Качество процесса брожения оценивали аналогичным образом — путем измерения снижения концентрации углекислого газа (рис. 4,5). Анализ полученных результатов подтвердил, что применение дрожжевой композиции позволяет уменьшить дозу используемых дрожжей на 3 грамма (12%). Количество вносимых дрожжей без перерасчета на сухое вещество представлено в таблице 2.

Таблица 2 - Опытные варианты рецептуры оладий

Наименование	Массовая доля Сухих веществ, %	Расход сырья на 1 порцию (1000 г), г				
		Опыт 1	Опыт 2	Опыт 3	Опыт 4	Опыт 5
Мука пшеничная	85,0	481	481	481	481	481
Яйца	27,2	23	23	23	23	23
Дрожжи прессованные, высший сорт	27,0	14	13	12	11	10
Сахар	99,8	17	17	17	17	17
Соль	96,5	9	9	9	9	9
Дрожжевая композиция (ДК4)	92,5	30	30	30	30	30
Итого сырья		574	574	574	574	574
Вода	-	481	481	481	481	481
Выход	-	1055	1054	1053	1052	1051

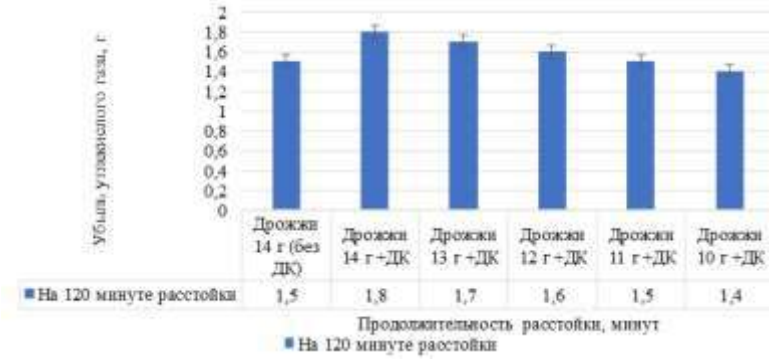


Рисунок 4 - Образование углекислого газа при расстойке опары, с пониженным содержанием дрожжей

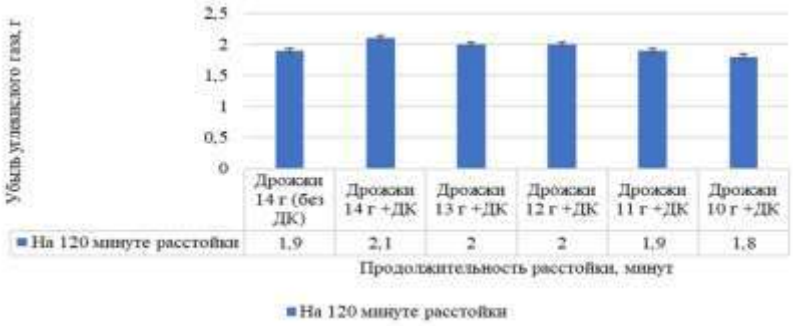


Рисунок 5 - Образование углекислого газа при брожении, с пониженным содержанием дрожжей в рецептуре

Итак, если на предприятиях общепита важна высокая скорость приготовления теста для оладий, рекомендуется применять специальную рецептуру с добавлением дрожжевого состава в объеме 3% (масса/доля объема). Если же требуется уменьшить количество вносимых прессованных дрожжей на 12%, целесообразно воспользоваться альтернативным вариантом рецепта оладий.

В технологии хлебопекарных производств для повышения бродильной активности дрожжей применяются различные способы предварительной активации. В настоящее время в условиях импортозамещения, поиск новых способов предварительной активации, с применением доступных, недорогостоящих препаратов является актуальным. Для выбора наилучшей дозы ДК1, используемого для предварительной активации хлебопекарных прессованных дрожжей, были испытаны разные концентрации добавки относительно массы дрожжевой суспензии: без внесения препарата (контроль); концентрация 1%, 2%, а также последовательно увеличивающиеся значения вплоть до 10% (опыт 1-10). Процесс активации осуществляли путем приготовления жидкого питательного раствора из муки и воды, куда вводились хлебопекарные дрожжи и препарат ДК1 в указанных пропорциях. Полученные смеси подвергались выдерживанию при температуре 30-38°С. После активации дрожжи, обработанные препаратом ДК1, визуально под микроскопом сохраняли правильную овально-образную форму, размеры клеток варьировались от 4,5 до 5,2 микрометров по длине и от 3,5 до 4,1 микрометра по ширине. Активированная масса имела характерный спиртовой аромат и светлый сероватый оттенок. Бродильную активность дрожжей и окончание процесса активации определяли косвенным методом по убыли углекислого газа. Полученные результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3 - Изменение углекислого газа в процессе активации

Продолжительность активации, мин	Контроль	1%	2%	3%	4%	5%	6%	7%	8%	9%	10%
10	0,32	0,33	0,35	0,36	0,41	0,47	0,51	0,48	0,45	0,43	0,39
20	0,52	0,55	0,65	0,67	0,71	0,75	0,79	0,75	0,69	0,67	0,63
30	0,581	0,61	0,69	0,72	0,72	0,77	0,81	0,77	0,74	0,71	0,64
40	0,635	0,64	0,71	0,73	0,73	0,75	0,78	0,77	0,76	0,72	0,65
50	0,68	0,69	0,71	0,71	0,72	0,73	0,74	0,73	0,68	0,67	0,66

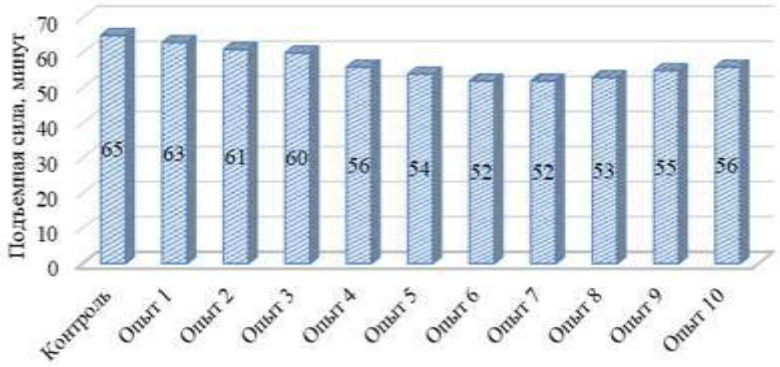


Рисунок 6 - Подъемная сила теста с применением активированных ДК 1 дрожжей в различных дозировках

Далее о качестве дрожжей судили по подъемной силе теста в термостате по ГОСТ Р 54731–2011. Установили, что продолжительность подъем теста сокращается на 13 минут в опыте 6 и 7.

Для оценки жизнеспособности использовали количество погибших клеток (%). Микроскопическое исследование показало, что доля мёртвых клеток во всех пробах была менее 1%, что соответствует нормальному значению. Концентрация клеток, содержащих гликоген, составила в контрольном образце 32% спустя 30 минут после начала теста, тогда как в опытном образце №6 этот показатель достиг максимальных значений — 45%. Исходя из полученных результатов, было установлено, что образцы №6 и №7 обладают наилучшими качествами среди исследованных.

При проверке качества теста было выявлено, что добавление ДК 1 практически не влияет на характеристики продукта. Тесто имеет характерную выпуклую поверхность и мягкую консистенцию, без признаков неполного перемешивания. Оттенок теста светлый, желтоватый. Аромат теста выраженно спиртово-кисловатый. Показатель кислотности варьируется от 2,9 до 3,5 единиц. Уровень влажности теста стабильно выше контроля примерно на 1%, составляя около 44,2 ± 0,2%. После приготовления были также оценены свойства готового хлеба при концентрации ДК 1, равной 6% и 8% соответственно (таблица 4).

Таблица 4 - Органолептические и физико-химические показатели качества хлеба пшеничного из муки первого сорта

Показатели качества изделия	Варианты пробных выпечек с применением дрожжей, активированных ДК1		
	Контроль	6%	8%
Внешний вид: Форма Поверхность	Соответствующая хлебной форме, в которой производилась выпечка, без боковых выплывов, с несколько выпуклой верхней коркой Без крупных трещин и подрывов		
Цвет	Светло-желтый		
Состояние мякиша: пропеченность промес пористость	Пропеченный, не влажный на ощупь, эластичный, после надавливания пальцами мякиш принимает первоначальную форму Без комочков и следов непромеса Развитая, без пустот и уплотнений		
Вкус	Свойственный данному виду изделия, без постороннего привкуса		Свойственный данному виду изделия, имеется немного кисловатый привкус
Запах	Свойственный данному виду изделия, без постороннего запаха		
Влажность, %	42,9	43,2	43,5
Кислотность, град	2,88	2,9	2,9
Пористость, %	73,12	72,83	72,64

По данным таблицы 4 можно сделать вывод, что при внесении активированных ДК 1 прессованных дрожжей показатели качества хлеба не ухудшаются. На рисунке представлены внешний вид и вид в разрезе контрольного и экспериментальных образцов, с добавлением активированных прессованных дрожжей.



Рисунок 7 - Внешний вид и разрез контрольного и опытных образцов

В результате проведенных исследований установлено положительное влияние ДК1 на процесс активации прессованных дрожжей. Оптимальной дозировкой ДК1 при активации прессованных дрожжей является 6% к массе дрожжевой суспензии в рецептуре. Внесение активированных ДК1 дрожжей, приводит к ускорению процесса активации прессованных дрожжей и сокращает продолжительность брожения теста. Полученные данные сопоставимы с рядом аналогичных исследований [12-15].

Этап применения ДК2 в технологии получения пива

В технологии пива популярным направлением является активация пивных дрожжей на различных этапах. Ранее рядом авторов были проведены аналогичные исследования [16-20]. Постановка эксперимента по определению оптимальной концентрации ДК2. Чтобы определить влияние концентрации дрожжевой композиции на активацию сухих пивных дрожжей, было проведено исследование методом реактивации. Сухие дрожжи в количестве 2 грамма добавляли в 50 миллилитров подогретой до температуры 28°C воды вместе с различным количеством (от 0,5 до 2 граммов с интервалом 0,5 грамма) дрожжевой смеси. Затем пробирки с раствором помещали в термостат, фиксируя начало процесса образования пенящейся массы и измеряя её высоту. Первые признаки начала брожения проявились во всех случаях примерно спустя восемь минут, однако образец с наибольшей дозировкой дрожжевой композиции (ДК = 2 г) показал незначительное ускорение реакции, начавшись уже на седьмой минуте. Исходя из предварительных наблюдений, опыт был повторён с увеличением шага введения дрожжевой композиции до 1 грамма и повышением максимальной дозы до четырёх граммов. Итоговые измерения показали, что скорость активации дрожжей значительно увеличивается вдвое при увеличении количества используемой дрожжевой композиции до трёх граммов относительно контрольного образца.

Первоначально целью исследования было выявление оптимального содержания дрожжевой композиции в процессе приготовления основного сырья для ферментации. Основываясь на результатах предыдущих экспериментов, мы выбрали диапазон концентраций дрожжевого препарата от двух до четырех процентов с шагом 0,5%. Таким образом, опытные образцы включали растворы с содержанием сухой дрожжевой композиции соответственно 2,0%; 2,5%; 3,0%; 3,5% и 4,0% (опыт 1-5). Растворение каждого образца осуществлялось в заранее подготовленном охмелённом пивном сусле, причём продолжительность перемешивания составляла пять минут перед добавлением посевных дрожжей. Исходная плотность клеток во всех опытных растворах находилась в диапазоне 10-15*10^6 клеток на кубический сантиметр.

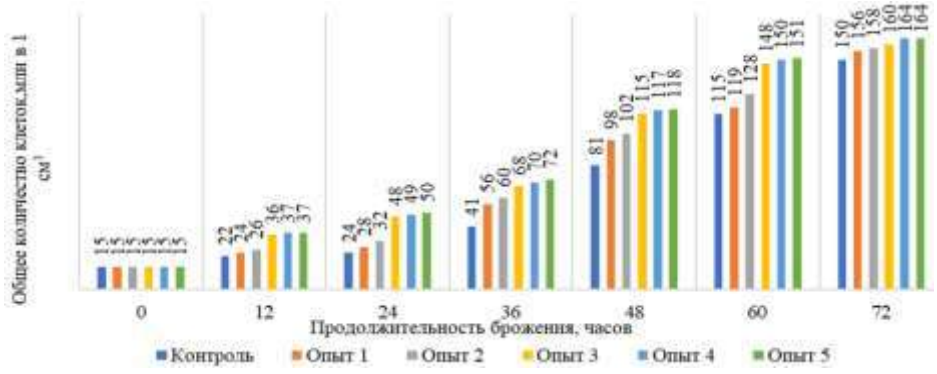


Рисунок 8 – Общее количество клеток, млн в 1 $см^3$, в зависимости от количества внесения ДК2

Скорость размножения играет ключевую роль в культивировании дрожжей. Для пивоваренного процесса оптимальным показателем считается трех-четырехкратное увеличение массы микроорганизмов. Во время интенсивного роста численность клеток способна возрастать до уровня 150×10^6 единиц на кубический сантиметр среды, что примерно в десять раз больше исходной плотности заселения. Согласно проведенным экспериментам, изначально клетки были введены в среду с плотностью около 15×10^6 кл./см³. Анализ показал, что латентная стадия («лаг-фаза») продолжалась минимум сутки в контрольном варианте и сериях образцов №3-№5, тогда как в серии №2 этот этап завершился быстрее — меньше чем за половину суток. Образец №3 позволил достичь необходимой численности клеток 150×10^6 на 60-м часу ферментации, сократив продолжительность подготовки посевного материала на 12 часов. Дальнейшее повышение концентрации раствора ДК2 не приводило к существенному увеличению количества жизнеспособных клеток.

Затем использовали активированные дрожжи с применением дрожжевой композиции ДК2 в дозировке 2%, которые внесли на стадии основного брожения. Во время процесса отслеживали интенсивность брожения, являющуюся ключевым показателем качества дрожжей, от которой зависит продолжительность главного брожения и формирование физико-химических характеристик готового пива.

Для эксперимента были использованы промышленные штаммы дрожжей. Процесс ферментации осуществлялся на производственной среде с содержанием сахара 11%, приготовленной согласно описанной ранее методике. Основное брожение проводилось в течение семи суток при температурном режиме 5-6 °С. Результаты анализа показывают, что в контрольном образце на седьмой день содержание спирта было ниже на 7% по сравнению с опытным вариантом. Основной этап брожения занимает значительную долю времени производства пива и длится около 10-11 дней. Следовательно, ускорение процесса является важной задачей. Поскольку в проведенном опыте достижение требуемого уровня алкоголя (4% объемных) наблюдалось уже на шестой день, существует перспектива сократить продолжительность основного брожения на производстве примерно на 20-24 часа, что положительно скажется на экономических показателях предприятия. Также, проанализировав опытный вариант установили, что данный образец соответствует требования ГОСТ 31711-2012 (табл. 5).

Таблица 5 – Физико-химические показатели светлого пива

Наименование показателя	Требования ГОСТ	Опыт
Экстрактивность начального сусла, %	11	11
Объемная доля спирта, %, не менее	4,0	4,28
Кислотность, к.ед, не более	2,6	2,2
pH	3,8-4,8	4,2
Цвет, ц. ед	0,2-2,5	1,8
Высота пены, мм, не менее	40	48
Пеностойкость, минут, не менее	3	4,2

Анализ полученных данных показывает, что использование дрожжевой композиции на стадии дрожжегенерирования способствует ускорению процесса главного брожения до 24 часов, сохраняя при этом качество готового пива. Это позволяет достичь экономического эффекта, компенсирующего расходы на приготовление дрожжевой композиции. Следовательно, дрожжевая композиция ДК2, изготовленная из остаточных пивных дрожжей, рекомендуется для активации на этапе подготовки засевных дрожжей перед началом главного брожения.

Заключение

В результате проведенных исследований разработаны две дрожжевые композиции: ДК1 – высушенная смесь из клеток пивных дрожжей и пчелиной перги, предназначенная для длительного хранения и обогащения пищевых продуктов витаминами и аминокислотами; ДК2 – жидкая композиция, применяемая непосредственно в пивоварении для ускорения брожения и увеличения выхода качественного пива. Применение ДК1 повысило активность хлебопекарных дрожжей, улучшило структуру и качество хлебобулочных изделий, снизив потребность в традиционном количестве дрожжей. Использование ДК2 позволило ускорить основной этап брожения на 24 часа, сохранив при этом высокие качественные показатели готового напитка. Разработанные дрожжевые композиции представляют экономически выгодное решение для предприятий пищепрома, улучшая производительность и качество выпускаемой продукции, особенно в условиях импортозамещения. Результаты исследования доказывают целесообразность включения таких композитов в современные производственные процессы.

Список литературы

1. Тулякова Т. В., Пасхин А. В., Седов В. Ю. Дрожжевые экстракты – безопасные источники витаминов, минеральных веществ и аминокислот // Пищевая промышленность. – 2004. – № 6. – С. 60-62.

2. Карпенко Д. В., Мойсеяк М. Б., Никифорова Д. С. Дрожжевые экстракты: характеристики, области применения, способы получения. Цели применения экстрактов дрожжей // Пищевая промышленность. – 2025. – № 1. – Ч. I. – С. 27-31. – DOI 10.52653/PPI.2025.1.1.005.

3. Jacob F. F., Striegel L., Rychlik M., Hutzler M., Methner F.-J. Yeast extract production using spent yeast from beer manufacture: influence of industrially applicable disruption methods on selected substance groups with biotechnological relevance // European Food Research and Technology. 2019. Vol. 245. P. 1169-1182.

4. Zekun T., Haibo Y., Meng L., Qian L., Siyi Z., Hongling L., Yi. J., Di H., Tengfei W. Yeast Extract: Characteristics, Production, Applications and Future Perspectives // Journal of Microbiology and Biotechnology. 2022. Vol. 33. No. 2. P. 151-166.

5. Vysoka, M., Szotkowski, M., Slaninova, E., Dzuricka, L., Strecanska, P., Blazkova, J., Marova, I. Oleaginous yeast extracts and their possible effects on human health // Microorganisms. 2023. Vol. 11. P. 492.

6. Голубева Л. В. Функциональные свойства дрожжевых экстрактов / Л. В. Голубева, И. В. Новикова // Новое в технологии и технике функциональных продуктов питания на основе медико-биологических воззрений: мат. VI междунар. науч.-техн. конф. – Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2017. – С. 668-670.

7. ZHONG Rui-min. A process of yeast extract with properties of ultra low salt content, slight color and meaty smell. -Chinese Condiment. -No.2. -2004

8. Сборник рецептур блюд и кулинарных изделий для предприятий общественного питания. – М.: Экономика, 1982. – 720 с.

9. Комарова А. Е., Егорова Е. Ю. Безглютеновые оладьи с амарантовой мукой // Горизонты образования. – 2017. – № 19. – С. 85-88.

10. Гайфуллина Д. Т., Никулина Н. Ш., Хасанова Р. Р. Повышение пищевой ценности оладий с использованием льняной муки и клюквы // Состояние и перспективы увеличения производства высококачественной продукции сельского хозяйства: мат. I совместной с институтом животноводства Таджикской академии сельскохозяйственных наук Междунар. науч.-практ. конф. – Уфа: Башкирский государственный аграрный университет, 2017. – С. 276-279.

11. Патент № 2805086 C1 Российская Федерация, МПК C12N 1/16, C12N 1/18, C12N 13/00. Способ получения дрожжевых композиций: № 2023100769 : заявл. 13.01.2023: опубл. 11.10.2023 / О. Ю. Калужина, А. Д. Заграничная, А. А. Черненкова [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Башкирский государственный аграрный университет».

12. Калужина О. Ю. Содержание биологически активных веществ в экстракте одуванчика и его влияние на физиологию дрожжей Saccharomyces cerevisiae // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2013. – № 5(43). – С. 197-199.

13. Бодрова О. Ю. Активация спиртовых дрожжей дрожжевым экстрактом: мат. Всерос. науч.-практ. конфе. в рамках XVII Международной специализированной выставки «АгроКомплекс – 2007». – Уфа: БГАУ, 2007. – Т. Ч. IV. – С. 320-321.

14. Ямашев Т. А., Решетник О. А. Активация хлебопекарных дрожжей пероксидом водорода в процессе приготовления хлебобулочного изделия с повышенным содержанием сахара // Вестник Казанского технологического университета. – 2010. – № 11. – С. 290-296.

15. Menchetti, L., Traina, G., Tomasello, G., Casagrande-Proietti, P., Leonardi, L., Barbato, O., & Brecchia, G. (2016). Potential benefits of colostrum in gastrointestinal diseases. Frontiers in bioscience (Scholar edition), 8(2), 331-351. https://doi.org/10.2741/s467

16. Бодрова О. Ю., Кречетникова А. Н. Активирующий и дезинтегрирующий эффекты ультразвуковой обработки микроорганизмов // История науки и техники. – 2006. – № 4. – С. 51-54.

17. Бодрова О. Ю. Влияние экстракта одуванчика на физиологическую активность спиртовых дрожжей на стадии дрожжегенерирования // Научное обеспечение устойчивого функционирования и развития АПК: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (в рамках XIX Международной специализированной выставки «АгроКомплекс-2009»). – Уфа: Башкирский государственный аграрный университет, 2009. – Том Часть 1. – С. 235-238.

18. Активирующий эффект воздействия дрожжевого экстракта на клетки saccharomyces cerevisiae / А. Н. Кречетникова, Н. Г. Ильяшенко, Л. Н. Шабурова [и др.] // Производство спирта и ликероводочных изделий. – 2006. – № 3. – С. 29-31.

19. Влияние ультразвука на пивоваренные дрожжи / О. Ю. Калужина, К. С. Яковлева, Р. А. Кашапова [и др.] // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2020. – Т. 82. – № 1(83). – С. 103-109. – DOI 10.20914/2310-1202-2020-1-103-109.

20. Ultrasound-assisted fermentation for cider production from Lebanese apples / M. Al Daccache, M. Koubaa, D. Salameh [et al.] // Ultrasonics Sonochemistry. – 2020. – Vol. 63. – P. 104952. – DOI 10.1016/j.ultsonch.2019.104952.

References

1. Tulyakova T.V., Paskhin A.V., Sedov V.Yu. Yeast extracts are safe sources of vitamins, minerals and amino acids // Food industry. – 2004. – No. 6. – P. 60-62.

2. Karpenko D.V., Moiseyak M.B., Nikiforova D.S. Yeast extracts: characteristics, applications, methods of production. Purposes of using yeast extracts // Food Industry. – 2025. – No. 1. – Part I. – pp. 27-31. – DOI 10.52653/PPI.2025.1.1.005.

3. Jacob F. F., Striegel L., Rychlik M., Hutzler M., Methner F.-J. Yeast extract production using spent yeast from beer

manufacture: influence of industrially applicable disruption methods on selected substance groups with biotechnological relevance // European Food Research and Technology. 2019. Vol. 245. P. 1169-1182.

4. Zekun T., Haibo Y., Meng L., Qian L., Siyi Z., Hongling L., Yi. J., Di H., Tengfei W. Yeast Extract: Characteristics, Production, Applications and Future Perspectives // Journal of Microbiology and Biotechnology. 2022. Vol. 33.No. 2. P. 151-166.

5. Vysoka, M., Szotkowski, M., Slaninova, E., Dzuricka, L., Strecanska, P., Blazkova, J., Marova, I. Oleaginous yeast extracts and their possible effects on human health // Microorganisms. 2023. Vol. 11. P. 492.

6. Golubeva L. V. Functional properties of yeast extracts / L. V. Golubeva, I. V. Novikova // New in the technology and technology of functional food products based on medical and biological views: materials of the VI international scientific and technical conference. – Voronezh: Voronezh State University of Engineering Technologies, 2017. – P. 668-670.

7. ZHONG Rui-min. A process of yeast extract with properties of ultra low salt content, slight color and meaty smell. - Chinese Condiment. -No.2. -2004

8. Collection of recipes for dishes and culinary products for catering establishments. – M.: Economics, 1982. – 720 p.

9. Komarova A. E., Egorova E. Yu. Gluten-free pancakes with amaranth flour // Horizons of Education. – 2017. – No. 19. – P. 85-88.

10. Gaifullina D. T., Nikulina N. Sh., Khasanova R. R. Increasing the nutritional value of pancakes using flaxseed flour and cranberries // State and prospects for increasing the production of high-quality agricultural products: materials of the I joint International Scientific and Practical Conference with the Institute of Livestock Husbandry of the Tajik Academy of Agricultural Sciences. – Ufa: Bashkir State Agrarian University, 2017. – P. 276-279.

11. Patent No. 2805086 C1 Russian Federation, IPC C12N 1/16, C12N 1/18, C12N 13/00. Method for producing yeast compositions: No. 2023100769: application. 01/13/2023: publ. 10/11/2023 / O. Yu. Kaluzhina, A. D. Zagranichnaya, A. A. Chernenkova [etc.]; applicant Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Bashkir State Agrarian University".

12. Kaluzhina O. Yu. The content of biologically active substances in dandelion extract and its effect on the physiology of the yeast Saccharomyces cerevisiae // News of the Orenburg State Agrarian University. – 2013. – No. 5(43). – pp. 197-199.

13. Bodrova O. Yu. Activation of alcoholic yeast with yeast extract: materials of the All-Russian scientific and practical conference within the framework of the VII International Specialized Exhibition "AgroComplex - 2007". – Ufa: BSAU, 2007. – Volume Part IV. – pp. 320-321.

14. Yamashev T. A., Reshetnik O. A. Activation of baker's yeast by hydrogen peroxide in the process of preparing baked goods with a high sugar content // Bulletin of the Kazan Technological University. – 2010. – No. 11. – P. 290-296.

15. Menchetti, L., Traina, G., Tomasello, G., Casagrande-Proietti, P., Leonardi, L., Barbato, O., & Brecchia, G. (2016). Potential benefits of colostrum in gastrointestinal diseases. Frontiers in bioscience (Scholar edition), 8(2), 331-351. https://doi.org/10.2741/s467

16. Bodrova O. Yu., Krechetnikova A. N. Activating and disintegrating effects of ultrasonic treatment of microorganisms // History of science and technology. – 2006. – No. 4. – P. 51-54.

17. Bodrova O. Yu. The influence of dandelion extract on the physiological activity of alcoholic yeast at the stage of yeast generation // Scientific support for the sustainable functioning and development of the agro-industrial complex: materials of the All-Russian scientific and practical conference with international participation (within the framework of the XIX International specialized exhibition "AgroComplex-2009"). – Ufa: Bashkir State Agrarian University, 2009. – Volume Part 1. – P. 235-238.

18. The activating effect of yeast extract on the cells of saccharomyces cerevisiae / A. N. Krechetnikova, N. G. Ilyashenko, L. N. Shaburova [etc.] // Production of alcohol and alcoholic beverages. – 2006. – No. 3. – P. 29-31.

19. The influence of ultrasound on brewing yeast / O. Yu. Kaluzhina, K. S. Yakovleva, R. A. Kashapova [etc.] // Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies. – 2020. – T. 82. – No. 1(83). – pp. 103-109. – DOI 10.20914/2310-1202-2020-1-103-109.

20. Ultrasound-assisted fermentation for cider production from Lebanese apples / M. Al Daccache, M. Koubaa, D. Salameh [et al.] // Ultrasonics Sonochemistry. – 2020. – Vol. 63. – P. 104952. – DOI 10.1016/j.ultsonch.2019.104952.

10.52671/26867591_2026_1_215
УДК 621.31

НАДЕЖНОЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ – ГАРАНТИЯ УСТОЙЧИВОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ АПК

ГАДЖИБАБАЕВ Г.Р., канд. техн. наук, доцент
ФГБОУ ВО Дагестанский ГАУ, г. Махачкала, Россия

RELIABLE POWER SUPPLY IS A GUARANTEE OF STABLE FUNCTIONING OF AGRICULTURAL ENTERPRISES

GADZHIBABAEV G.R., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Dagestan State Agrarian University, Makhachkala, Russia

Аннотация. Измерение ветровых нагрузок на воздушных линиях 10 кВ необходимо для мониторинга соответствия надежности конструкций нормативам и предлагается новый метод их измерения.

Используется изменение волнового сопротивления воздушной высоковольтной линии за счет колебаний («пляски») проводов под действием ветра. Изменение значения волнового сопротивления происходит за счет изменения расстояния между фазными проводами во времени. Расчет волнового сопротивления производится с использованием уравнений с распределенными параметрами, что соответствует рассматриваемым воздушным линиям.

Для реализации метода предлагается в высоковольтную линию подавать высокочастотный сигнал с измерением токов и напряжений в двух точках на неразветвленном участке линии 10 кВ, где одна точка представляет собой входное сопротивление силового трансформатора 10/0,4 кВ. При этом данное сопротивление можно считать неизменным, поэтому его измеряют при отключенной линии подачей на фазу трансформатора относительно земли высокочастотного сигнала. С использованием, например мультиметра RGK DM-30 можно измерить ток фазы и напряжение относительно земли и поделив его на ток по закону Ома можно найти сопротивление.

В другой точке предлагается установить датчики тока и напряжения для измерения высокочастотного сигнала.

Приведены расчеты с использованием разработанной программы в среде SMath Solver с подтверждением положительных результатов данного метода.

Ключевые слова: высокочастотный сигнал, ветровая нагрузка, гололедно-ветровая нагрузка контролируемый участок, датчик напряжения.

Abstract. *Measuring wind loads on 10 kV overhead power lines is necessary to monitor the reliability of structures according to standards. A new measurement method is proposed. The change in the characteristic impedance of an overhead power line due to the vibrations ("dancing") of the wires under the influence of wind is used. The change in characteristic impedance occurs due to the change in the distance between the phase wires over time. The characteristic impedance is calculated using distributed parameter equations, which is suitable for the overhead lines under consideration. To implement the method, it is proposed to send a high-frequency signal into the high-voltage line, measuring currents and voltages at two points along an unbranched section of the 10 kV line, where one point represents the input impedance of a 10/0.4 kV power transformer. This resistance can be considered constant, so it is measured with the line disconnected by applying a high-frequency signal to the transformer phase relative to ground. Using, for example, an RGK DM-30 multimeter, one can measure the phase current and voltage relative to ground, and by dividing this by the current, the resistance can be found using Ohm's law. At another point, it is proposed to install current and voltage sensors to measure the high-frequency signal. Calculations using the developed program in the SMath Solver environment are presented, confirming the positive results of this method.*

Keywords: *current transformer, exact transformation, short circuit, core, non-magnetic gap, saturation, input signal.*

Введение. Стабильное электроснабжение является основой развития сельскохозяйственных предприятий. Некачественная поставка электроэнергии может повлечь за собой выпуск недоброкачественной продукции с нарушениями технологических процессов. Поставщик электроэнергии также заинтересован в повышении качества своей продукции из-за возможной недоплаты от перерывов поставки электроэнергии.

Отключения электросетей из-за аварийных ситуаций в относительно большинстве случаев приходится на воздушные линии 6-10 кВ в особенности из-за ветровых и гололедно-ветровых нагрузок. Имеются много примеров нарушения электроснабжения, в том числе в Луганской, Псковской, Волгоградской и многих других областях с многочисленными отключениями указанных линий.

Наличие ветровых нагрузок приводит к раскачиванию проводов с их опасным сближением вплоть до возможного их соприкосновения с последующим отключением линии [1].

Исследованием таких нагрузок занимаются ряд зарубежных организаций [2-6], подтверждающие прогнозное их возрастание и необходимость корректировки существующих нормативных документов.

Нашло применение «Устройство для измерения сближения проводов при ветре» [7], представляющее собой механическую конструкцию. Для измерения скорости и направления ветра пользуются анемометрами и флюгером Вильда. Имеющие механические узлы, используемые в этих приборах, обладают относительно низкой надежностью.

Методы определения гололедно-ветровых нагрузок [8, 9] обладают низкой точностью, в особенности при увеличении коэффициента затухания.

Методы исследований. Под действием ветровых нагрузок происходят колебания проводов воздушной линии, в результате чего имеет место изменения погонных индуктивного сопротивления x_L и емкостной проводимости b_C в соответствии с выражением [10]

$$X_L = 0{,}1445 \log\left(\frac{D_{ср}}{R}\right), \text{Ом}; \quad b_c = \frac{7{,}58}{\log\left(\frac{D_{ср}}{R}\right)} 10^{-6}, \text{См};$$

$$D_{ср} = \sqrt{D_{AB} * D_{BC} * D_{CA}}, \text{м}. \qquad (1)$$

где $D_{ср}$ – среднегеометрическое расстояние между фазными проводами; D_{AB}, D_{BC}, D_{CA} – расстояния между фазными проводами согласно рис.1 [11]; R – радиус провода.

При указанных расстояниях на рис.1 (при отсутствии ветра) получим

$$D_{ср} = \sqrt{D_{AB} * D_{BC} * D_{CA}} = \sqrt[3]{\sqrt{((\frac{D_{BC}}{2})^2 + 1{,}2^2)} * D_{BC} * \sqrt{((\frac{D_{BC}}{2})^2 + 1{,}2^2)} =$$

$$= \sqrt[3]{\sqrt{((\frac{1{,}5}{2})^2 + 1{,}2^2)} * 1{,}5 * \sqrt{((\frac{1{,}5}{2})^2 + 1{,}2^2)}} = 1{,}4429, \text{м} \qquad (2)$$

Волновое сопротивление проводов определяется известным соотношением и с учетом (1) при R = 0,004 м имеем

$$Z_в = \sqrt{\frac{x_L}{b_c}} = \sqrt{\frac{0{,}1445 \log\left(\frac{D_{ср}}{R}\right)}{\frac{7{,}58}{\log\left(\frac{D_{ср}}{R}\right)} 10^{-6}}} = \sqrt{1{,}905 * 10^4} * \log\left(\frac{D_{ср}}{R}\right) =$$

$$= \sqrt{1{,}905 * 10^4} * \log\left(\frac{1{,}4429}{0{,}004}\right) = 352{,}9439, \text{Ом} \qquad (3)$$

Для удобства можно положить, что все провода под действием ветровой нагрузки в некоторый момент времени приблизились на одинаковые расстояния друг к другу, равные 0,5 м и, аналогично (2) и (3), можно получить

$D_{ср1} = \sqrt[3]{0{,}5 * 0{,}5 * 0.5} = 0{,}5, \text{м}.;$

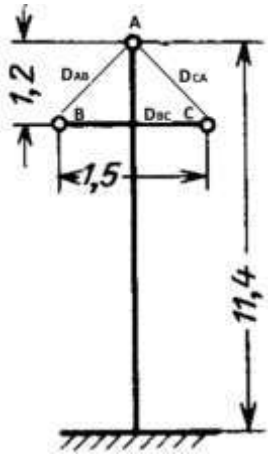


Рисунок 1 – Расположение проводов линии 10 кВ на высоковольтной опоре

$$Z_{в1} = \sqrt{1{,}905 * 10^4} * \log\left(\frac{0{,}5}{0{,}004}\right) = 289{,}4192, \text{Ом} \qquad (4)$$

Относительное изменение волнового сопротивления по значениям (3) и (4) будет

$$\delta Z_в = \frac{Z_в - Z_{в1}}{Z_в} 100\% = \frac{352{,}9439 - 289{,}4192}{352{,}9439} 100\% = 18\%. \qquad (5)$$

К примеру, при сближении проводов на 0,25 м, аналогично вышеприведенным расчетам можно получить

$$\delta Z_в = 29{,}77\%.$$

При возможном одинаковом расхождении проводов друг от друга на 2м и 2,5м аналогично можно получить значения $\delta Z_в$, равные -5,55% и -9,34% соответственно.

Как видно, по знаку $\delta Z_в$ можно судить наличие сближения или расхождения проводов.

Волновое сопротивление также определяется известными уравнениями с распределенными параметрами при действительных значениях параметров в линии

$$\mathbf{U_1} = \mathbf{U_2}ch(0{,}115\alpha + j\beta)x + \mathbf{I_2}Zsh(0{,}115\alpha + j\beta)x,$$

$$\mathbf{I_1} = \left(\frac{\mathbf{U_2}}{Z}\right)sh(0{,}115\alpha + j\beta) + \mathbf{I_2}ch(0{,}115\alpha + j\beta)x \qquad (6)$$

где - $\mathbf{U_1}$, $\mathbf{U_2}$, $\mathbf{I_1}$, $\mathbf{I_2}$ – комплексные фазные напряжения (относительно земли) и токи линии соответственно; x – расстояние между датчиками тока и напряжения; Z – волновое сопротивление линии; α – коэффициент затухания в децибелах на единицу длины; β - коэффициент фазы в радианах на единицу длины; 0,115 – коэффициент перевода децибелов в неперы.

Поделив первое уравнение на второе в (6), можно получить

$$Z_1 = \frac{\mathbf{U_1}}{\mathbf{I_1}} = \frac{\mathbf{U_2}ch(0{,}115\alpha + j\beta)x + \mathbf{I_2}Zsh(0{,}115\alpha + j\beta)x,}{\left(\frac{\mathbf{U_2}}{Z}\right)sh(0{,}115\alpha + j\beta)x + \mathbf{I_2}ch(0{,}115\alpha + j\beta)x} =$$

$$= \frac{\frac{\mathbf{U_2}}{\mathbf{I_2}}ch(0{,}115\alpha + j\beta)x + Zsh(0{,}115\alpha + j\beta)x}{\left(\frac{\frac{\mathbf{U_2}}{\mathbf{I_2}}}{Z}\right)sh(0{,}115\alpha + j\beta)x + ch(0{,}115\alpha + j\beta)x} = \qquad (7)$$

$$= \frac{Z_2ch(0{,}115\alpha + j\beta)x + Zsh(0{,}115\alpha + j\beta)x}{\left(\frac{Z_2}{Z}\right)sh(0{,}115\alpha + j\beta)x + ch(0{,}115\alpha + j\beta)x}; Z_2 = \frac{\mathbf{U_2}}{\mathbf{I_2}},$$

где Z_1, Z_2 - комплексное сопротивление фазы линии.

На рис.2 приведена схема подстанции с отходящими линиями (изображены пунктиром). Рассматриваемая линия (сплошная линия) 10 кВ имеет два ответвления (отпайки) с оконечными трансформаторами.

Измерения токов и напряжений производится на участке ВЛ 10 кВ согласно рис.2.

При отключенной линии модули напряжения U_2 и тока I_2 можно измерить вольтметром и амперметром (например мультиметром RGK DM-30 с пределами по переменному напряжению: 60 мВ-600 В; переменному току: 6 мА – 10 А; частотной полосой: 100 Гц – 10 МГц), подачей на одну фазу линии высокочастотного напряжения относительно земли, предварительно отключив предохранители фаз. Далее, по закону Ома можно вычислить модуль сопротивления z_2, поделив U_2 на I_2.

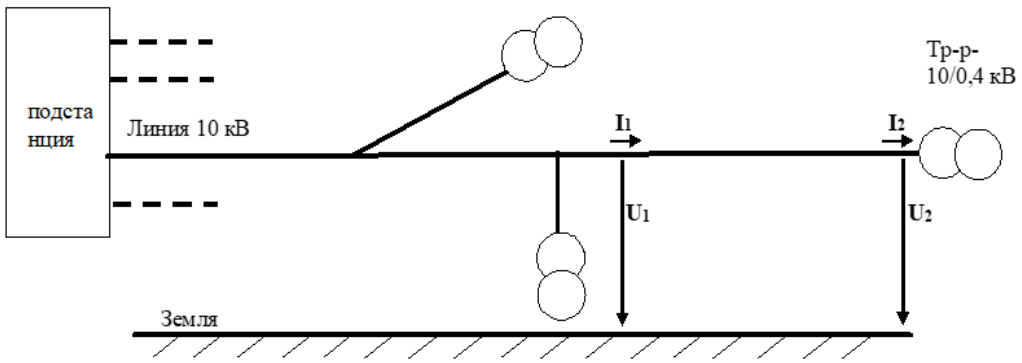


Рисунок 2 – Схема измерения напряжения и токов на участок высоковольтной линии 10 кВ

С учетом данных [12] и то, что линии 10 кВ являются изолированными от земли, входное сопротивление силового трансформатора можно представить как параллельно включенные емкостное и индуктивное

сопротивления. Тогда эквивалентное сопротивление будет иметь емкостной или индуктивный характер в зависимости от значения частоты высокочастотного сигнала.

С учетом изложенного, для определенности возьмем эквивалентное емкостное сопротивление емкостью С=1000 пФ=10^{-9} Ф и при частоте f=10^4 Гц можно получить

$$Z_2 = \frac{1}{j2\pi fC} = -j\frac{1}{2\pi 10^4 * 10^{-9}} = -j1591,5494, Ом.$$

При значениях $\mathbf{U_2} = 20$ В и $\mathbf{I_2} = 0,01257\exp(j0,5\pi)$ можно получить

$$Z_2 = \frac{\mathbf{U_2}}{\mathbf{I_2}} = \frac{20}{0,01257\ \exp(j0,5\pi)} = -j1591,5494, Ом;$$

$$z_2 = \frac{U_2}{I_2} = \frac{20}{0,01257} = 1591,5494, Ом,$$

что соответствуют вышеполученным значениям.

В реальных линиях затухание зависит от частоты и все линии и отпайки, подключенные к подстанции будут шунтировать друг друга [13] и задача заключается в подборе частоты с минимальным шунтированием без использования заградителей. При меньшем шунтировании потребуется относительно малая мощность высокочастотного генератора на подстанции для отправки сигналов в линию.

Без гололеда скорость распространения высокочастотного сигнала ν практически равна [13].

$$\nu = 3 * 10^5 \frac{км}{с}, \beta = \frac{2\pi f}{\nu} = \frac{2\pi * 10^4}{3 * 10^5} = 0,20944, рад./км$$

Для определения значений затухания $\alpha_р$ и волнового сопротивления $Z_р$ составлена программу расчета в среде SMath Solver и для проверки расчетов зададимся их действительными значениями: $\alpha = 0,0441$ дБ/км [11]; $Z = 340$ Ом, близкие к (1) и измеренные значения $\left|\frac{U_1}{I_1}\right| = 466.8719$ (для простоты не учтены погрешности датчиков напряжения и тока).

Сначала производится вычисления при отсутствии ветровой нагрузки. Задается произвольное ожидаемое значение $\alpha_р = 0,03 + 0,0071 * m$ дБ/км, где m согласно 1-й строке меняется от1 до 5. Также записывается $Z_р = 380 +$

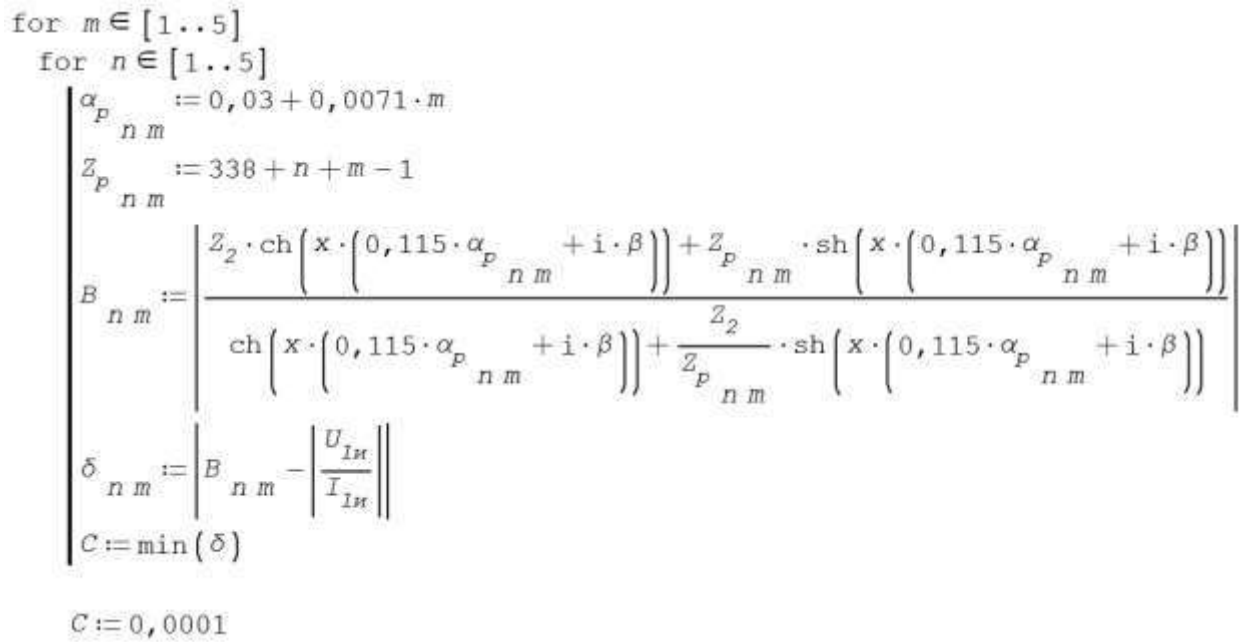


Рисунок 3 - Программа расчета коэффициента затухания и волнового сопротивления в среде SMath Solver

$n + m - 1$, близкое к значению (3), где при $m = 1$, n принимает значения от 1 до 5. Процесс повторяется при каждом увеличении m на 1. Диапазон изменения m и n можно расширить.

5-я строка представляет собой расчетное значение $\left|\frac{U_1}{I_1}\right|_p$. В 6-й строке определяется разность модуля измеренного и расчетного значений указанного отношения. Последняя строка определяет абсолютное значение минимума С (близкое к нулю) из всего массива данных и в конце записывается полученное значение.

Результат вычислений при отсутствии ветровой нагрузки, приведенные на рис.4 подчеркнуты, что соответствуют исходным данным. Для экономии места здесь приведены малое количество вычислений.

$$\alpha_p = \begin{bmatrix} 0{,}0371 & 0{,}0442 & 0{,}0513 & 0{,}0584 & 0{,}0655 \\ 0{,}0371 & 0{,}0442 & 0{,}0513 & 0{,}0584 & 0{,}0655 \\ 0{,}0371 & 0{,}0442 & 0{,}0513 & 0{,}0584 & 0{,}0655 \\ 0{,}0371 & 0{,}0442 & 0{,}0513 & 0{,}0584 & 0{,}0655 \\ 0{,}0371 & 0{,}0442 & 0{,}0513 & 0{,}0584 & 0{,}0655 \end{bmatrix} \quad Z_p = \begin{bmatrix} 339 & 340 & 341 & 342 & 343 \\ 340 & 341 & 342 & 343 & 344 \\ 341 & 342 & 343 & 344 & 345 \\ 342 & 343 & 344 & 345 & 346 \\ 343 & 344 & 345 & 346 & 347 \end{bmatrix}$$

$$\delta = \begin{bmatrix} 0{,}7752 & 0{,}0001 & 0{,}771 & 1{,}5382 & 2{,}3014 \\ 0{,}0095 & 0{,}7823 & 1{,}5511 & 2{,}316 & 3{,}077 \\ 0{,}7919 & 1{,}5624 & 2{,}3289 & 3{,}0915 & 3{,}8502 \\ 1{,}572 & 2{,}3402 & 3{,}1044 & 3{,}8647 & 4{,}6211 \\ 2{,}3497 & 3{,}1156 & 3{,}8775 & 4{,}6356 & 5{,}3897 \end{bmatrix}$$

Рисунок 4 – Массив данных, полученные по программе рисунка 3

При наличии ветра необходимо произвести запись измеренных значений $|U_{1и}|$ и $|I_{1и}|$ через заданные промежутки времени. К примеру, при действительных значениях: $\alpha = 0{,}1051$ дБ/км, $Z = 272$ Ом, можно получить расчетные значения: $\alpha_р = 0{,}105$ дБ/км, $Z_р = 272$ Ом. Данный результат показывает, что согласно (5) для рассматриваемых значений имеет место приближение проводов менее 0,5 м.

Выводы. В работе представлена принципиальная возможность измерения ветровых нагрузок через изменения волнового сопротивления линий 6-10 кВ, обусловленные взаимным перемещением проводов друг относительно друга.

Измерением указанных нагрузок на определенных участках можно выявить их наличие на всем пространстве отходящих линий от подстанции.

Для измерения напряжения можно использовать высокочастотные датчики напряжения [14].

Известные трехфазные счетчики электроэнергии для линий 10 кВ с использованием датчиков тока на основе катушек Роговского функционируют на частоте 50 Гц [15]. Кольца Роговского для измерения тока марки MFC 150 имеют частотный диапазон 8 Гц – 100 кГц с действующим значением рабочего напряжения 1000 В и тестовым напряжением 7400 В [16].

Учитывая вышеприведенные данные, датчики тока для реализации предлагаемого метода для линий 10 кВ с частотами выше 10 кГц авторами не обнаружены.

Реализация метода при наличии новых датчиков тока расширит возможности мониторинга линий при воздействии ветровых нагрузок.

Список литературы

1. Кабашов В. Ю. Исследование возможных сближений проводов сельских ВЛ 6-10 кВ при их маятниковых колебаниях под действием ветра // Концепт. – 2016. – Т. 15. – С. 1331-1335. – URL: http://e-koncept.ru/2016/96184.htm.

2. IEA (2020) Power Systems in Transition. Challengesand opportunities ahead for electricity security. Paris.

3. CIGRE (2014) WG B2.54 Technical brochure №598. Guidelines for the management of risks associated with severe climate conditions and climate change in relation to air lines.

4. Carden L.C., Harrison G.P. Adapting overhead lines to climate change: Are dynamic ratings the answer? // Energy Policy. 2013. V. 63. P. 197–206. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.08.052

5. Brockway A.M., Dunn L.N. Weathering adaptation: Grid infractusture planning in a changing climate // Climate Risk Management. 2020. V. 30. 100256. https://doi.org/10.1016/j.crm.2020.100256

6. Ward D.M. The effect of weather on grid systems and the reliability of electricity supply // Climatic Change. 2013. V. 121. P. 103–113. https://doi.org/10.1007/s10584-013-0916-z

7. А. с. 834386 СССР, МКИ3 G01B5/10. Устройство для измерения сближения проводов при ветре / В. Ю. Кабашов, Р. З. Шайхитдинов (СССР). – № 2815621/25–28; заявл. 07.09.79; опубл. 30.05.81, Бюл. № 20.

8.Гаджибабаев Г.Р., Гаджибабаев Э.Г. Способ мониторинга гололедно-ветровых нагрузок воздушных линий электропередач// Патент России №2732037. 2020 Бюл. № 25.

9. Diagnostics of overhead high-voltage lines. Gadzhibabayev G.R. [and others]//AIP Conference Proceedings 2022. 2661. 130002; https://doi.org/10.1063/5.0107187.

10. Савина Н.В., Мясоедов Ю.В., Маркитан В.Ю. Практикум по электрическим сетям: учебное пособие. – Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 2014. – 254 с.

11. Ефремов В.Е. Передача информации по распределительным сетям 6-35 кВ. – М.: «Энергия», 1971. – 160 с.

12. Входные емкости силовых трансформаторов и автотрансформаторов для расчета грозовых и высокочастотных перенапряжений

13. Шкарин Ю.П. Высокочастотные тракты каналов связи по линиям электропередачи (часть 1 и 2). – М.: НТФ «Энергопрогресс», «Энергетик», 2001. – 216 с.

14. Способ обнаружения гололеда на проводах воздушных линий электропередачи, патент №2537380 10.01.2015. Авторы: Мустафин Р.Г., Писковацкий Ю.В., Хакимзянов Э.Ф. Патентообладатель: Казанский государственный энергетический университет.

15. Высоковольтные приборы учета электрической энергии трехфазные многофункциональные «МИРТЕК-135-ру». Руководство по эксплуатации МИРТ.411152.136 рэ (v1.5). Код ОКП 42 2860.

16. MFC 150 Кольца Роговского для измерения тока [Электронный ресурс]. URL: https://mirmsk.ru/mfc_150_kolca_rogovskogo_dlya_izmer#shop2-tabs-10.

References

1. Kabashov V. Yu. Study of possible convergence of wires of rural 6-10 kV overhead lines during their pendulum oscillations under the influence of wind // Concept. – 2016. – T. 15. – P. 1331-1335. – URL: http://e-koncept.ru/2016/96184.htm.

2. IEA (2020) Power Systems in Transition. Challenges and opportunities ahead for electricity security. Paris.

3. CIGRE (2014) WG B2.54 Technical brochure No. 598. Guidelines for the management of risks associated with severe climate conditions and climate change in relation to air lines.

4. Carden L.C., Harrison G.P. Adapting overhead lines to climate change: Are dynamic ratings the answer? // Energy Policy. 2013. V. 63. P. 197–206. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.08.052

5. Brockway A.M., Dunn L.N. Weathering adaptation: Grid infrastructure planning in a changing climate // Climate Risk Management. 2020. V. 30. 100256. https://doi.org/10.1016/j.crm.2020.100256

6. Ward D.M. The effect of weather on grid systems and the reliability of electricity supply // Climatic Change. 2013. V. 121. P. 103–113. https://doi.org/10.1007/s10584-013-0916-z

7. A.s. 834386 USSR, MKI3 G01B5/10. Device for measuring the proximity of wires in the wind / V. Yu. Kabashov, R. Z. Shaikhitdinov (USSR). – No. 2815621/25–28; application 09/07/79; publ. 05/30/81, Bulletin. No. 20.

8.Gadzhibabaev G.R., Gadzhibabaev E.G. Method for monitoring ice and wind loads on overhead power lines // Russian Patent No. 2732037. 2020 Bulletin No. 25.

9. Diagnostics of overhead high-voltage lines. Gadzhibabayev G.R. [and others]//AIP Conference Proceedings 2022. 2661. 130002; https://doi.org/10.1063/5.0107187.

10. Savina N.V., Myasoedov Yu.V., Markitan V.Yu. Workshop on electrical networks: textbook. – Blagoveshchensk: Amur State. univ., 2014. – 254 p.

11. Efremov V.E. Transmission of information over 6-35 kV distribution networks. – M.: "Energy", 1971. – 160 p.

12. Input capacitances of power transformers and autotransformers for calculating lightning and high-frequency overvoltages

13. Shkarin Yu.P. High-frequency paths of communication channels over power lines (part 1 and 2). – M.: NTF "Energoprogress", "Energetik", 2001. – 216 p.

14. Method for detecting ice on overhead power lines, patent No. 2537380 01/10/2015. Authors: Mustafin R.G., Piskovatsky Yu.V., Khakimzyanov E.F. Patent holder: Kazan State Energy University.

15. High-voltage three-phase multifunctional electrical energy metering devices "MIRTEK-135-ru". Operating manual MIRT.411152.136 re (v1.5). OKP code 42 2860.

16. MFC 150 Rogowski rings for current measurement [Electronic resource]. URL: https://mirmsk.ru/mfc_150_kolca_rogovskogo_dlya_izmer#shop2-tabs-10.

10.52671/26867591_2026_1_221
УДК 664.8.035.6:547.458.8

РАЗРАБОТКА БИОРАЗЛАГАЕМЫХ ОСНОВ НА ПЕКТИНЕ

ГАЛУШКО А. О., студент
ШАБАНОВА А. Е., студент
ХАЙБУЛЛИНА А. Р. студент
ЗИНИНА О. В., д-р техн. наук, профессор
ВИШНЯКОВА Е. А., аспирант
ФГАУО ВО Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет), г. Челябинск, Россия

DEVELOPMENT OF BIODEGRADABLE BASES ON PECTIN

GALUSHKO A. O., student
SHABANOVA A. E., student
KHAIBULLINA A. R. student
ZININA O. V., Doctor of Technical Sciences, Professor
VISHNYAKOVA E. A., postgraduate student
South Ural State University (National Research University), Chelyabinsk, Russia

Аннотация. Целью исследования является создание биоразлагаемой косметической основы, состоящей из полисахаридов, а также оценка ее показателей качества. Предполагается, что данную разработку можно будет использовать в качестве альтернативы синтетическим полимерным основам масок для лица, либо в качестве самостоятельной маски для лица в зависимости от состава. Объекты исследования – образцы основ, полученные в лабораторных условиях при использовании пектина, желатина. В качестве структурообразователя применяли глицерин. В основу вводились эмульсии на рисовом масле и 1%-ном гидролизате коллагена, а также микрокристаллической целлюлозе. У полученных образцов определяли органолептические, физико-химические и структурно-механические показатели по общепринятым методикам, а также проводили тест на биоразлагаемость и микроскопию препаратов продукта. Результаты показали, что у опытных образцов возросла прочность на разрыв: на 50% у пектиновых с добавлением желатина и эмульсии и на 75% у пектиновых с эмульсией по сравнению с контролем. Активная кислотность pH в пределах нормы у всех образцов 4,47-4,63 (согласно требованиям нормативной документации: 3,0–9,0). Прозрачность контрольного образца составила 82,5 %, а опытных – 71,2–77,0 %, что вызвано внесением эмульсии. Оценка ключевых показателей полученных основ показала, что образцы соответствуют требованиям нормативной документации и могут использоваться в косметической промышленности.

Ключевые слова: биополимерная основа, эмульсия, пектин, глицерин, биоразлагаемость, белковый гидролизат, гидролизат коллагена, микрокристаллическая целлюлоза

Abstract. *The aim of the study was to create a biodegradable cosmetic base consisting of polysaccharides and evaluate its quality. It is expected that this development can be used as an alternative to synthetic polymer bases for facial masks, or as a standalone facial mask, depending on the composition. The subjects of the study were samples of bases obtained in the laboratory using pectin and gelatin. Glycerin was used as a structure-forming agent. The bases were infused with emulsions of rice oil, 1% collagen hydrolysate, and microcrystalline cellulose. The resulting samples were analyzed for organoleptic, physicochemical, and structural-mechanical properties using generally accepted methods. Biodegradability testing and microscopic examination of the product samples were also conducted. The results showed that the experimental samples demonstrated increased tensile strength: by 50% for pectin samples with added gelatin and emulsion, and by 75% for pectin samples with emulsion, compared to the control. Active acidity (pH) was within the normal range for all samples, ranging from 4.47 to 4.63 (according to regulatory requirements: 3.0 to 9.0). Transparency of the control sample was 82.5%, while for the experimental samples, it was 71.2 to 77.0%, due to the addition of emulsion. An assessment of the key parameters of the resulting bases showed that the samples meet regulatory requirements and are suitable for use in the cosmetics industry.*

Keywords: *biopolymer base, emulsion, pectin, glycerin, biodegradability, protein hydrolysate, collagen hydrolysate, microcrystalline cellulose*

Введение. Современная косметическая индустрия находится на этапе трансформации, вызванной влиянием новых технологий и потребительских предпочтений. Набирающий обороты тренд на натуральность способствует повышенному спросу на органическую косметику среди покупателей. Согласно данным, приблизительно 32 % потребителей осознанно выбирают продукцию, содержащую натуральные компоненты и, являющуюся экологически безопасной. Говоря о минимизации вреда для окружающей среды, в первую очередь, подразумевается биоразлагаемость материалов и возможность повторного использования упаковки [1,2].

Косметика представлена на рынке широким разнообразием средств, среди которых маски для лица заняли крепкую позицию. Они пользуются популярностью во всем мире, стимулируя производителей постоянно создавать что-то новое [3,4].

Косметические маски представлены следующими видами: кремовые и гелевые, тканевые, маски-пленки, глиняные, альгинатные, гидрогелевые и др. [5]. В стандартных масках зачастую используют синтетические полимерные основы, обеспечивающие необходимые текстурные свойства. Однако такие материалы создают значительную экологическую нагрузку, плохо поддаются утилизации и могут вызывать нежелательные реакции у людей с чувствительной кожей. Это обуславливает необходимость поиска и внедрения устойчивых альтернатив – основ, которые сочетали бы в себе высокую функциональность, безопасность и способность к биодеградации [6].

Природные полисахариды являются перспективным сырьем для решения данного вопроса. Эти биополимеры обладают уникальным набором свойств – способность к геле- и пленкообразованию, биоадгезия, биоразлагаемость, водорастворимость [7].

Среди всего многообразия полисахаридов для создания основ можно выделить пектин. Пектин содержится в клеточных стенках высших растений (особенно цитрусовых и яблок) [8,9].

Практическое применение данного полисахарида в качестве самостоятельной основы для масок сопряжено с рядом технологических проблем. Пленки из чистого пектина обладают неудовлетворительными структурно-механическими свойствами, однако, при использовании вспомогательных компонентов этот недостаток нивелируется [10, 11]. В качестве таких компонентов можно применять другие биополимеры и их производные (например, желатин, микрокристаллическая целлюлоза (МКЦ)), белковый гидролизат (БГ)). Их введение в матрицу позволяет достичь оптимального баланса между прочностью и эластичностью, обеспечить высокую влагоудерживающую и влагосвязывающую способности [12]. Кроме того, это позволяет материалу сохранять стабильность в течение срока годности и эффективно деградировать в естественных условиях после утилизации без образования микропластика [13]. Добавление эмульсии в такую основу придает пленке приятную увлажненную текстуру, что положительно сказывается на характеристиках, важных при использовании данной пленки в косметическом производстве [14].

Целью исследования является создание модельных композиций на основе пектина, оценка их ключевых органолептических, физико-химических и структурно-механических показателей.

Для достижения поставленной цели решены следующие задачи: изготовлены образцы косметических основ на пектине с добавлением желатина и эмульсии с МКЦ, пектине и эмульсии с МКЦ и БГ; оценены органолептические, физико-химические и структурно-механические показатели; сделан вывод о возможности применения полученных основ для косметических масок.

Материалы и методы исследований

Объектами исследования являлись:

– основы на пектине;

– основы на пектине с добавлением желатина и эмульсии с МКЦ;

– основы на пектине с добавлением БГ и МКЦ в составе эмульсии.

Для изготовления косметических основ применяли следующее сырье и материалы: пектин (Dangshan Haisheng Pectin Co., Ltd., Китай), белковый гидролизат (гидролизат коллагена ООО «НПО «Пищевые биотехнологии»), желатин пищевой 180 Блум (Китай), микрокристаллическая целлюлоза (Mapie Biotech PvT, Ltd, Индия), глицерин (Artex, Германия).

Контрольный образец основы изготовлен из пектина, а в опытные образцы были добавлены эмульсии с гидролизатом коллагена и микрокристаллической целлюлозой, а также желатин. Схема изготовления эмульсий и основ представлена на рисунках 1, 2. Рецептуры эмульсий и основ представлены в таблицах 1, 2 [15].

У основ определяли органолептические (внешний вид, цвет, запах), физические и физико-химические показатели (активная кислотность, толщина, прозрачность, растворимость), структурно-механические показатели (прочность при растяжении), а также проводили микроскопию и тест на биоразлагаемость.

Органолептические показатели исследовали согласно ГОСТ 29188.0-2014 «Продукция парфюмерно-косметическая. Правила приемки, отбор проб, методы органолептических испытаний» и ГОСТ 33489-2015 «Продукция косметическая на носителях. Общие технические условия». Внешний вид и цвет определяли просмотром поверхности продукции. Запах – органолептическим методом, используя образцы продукции. Также необходимо отмечать наличие трещин, пузырьков, посторонних включений, липкость и гибкость.

Водородный показатель pH – по ГОСТ 29188.2-2014 «Продукция парфюмерно-косметическая. Метод определения водородного показателя pH». Активную кислотность измеряли в водной вытяжке с массовой долей продукции 10%. Навеску (не менее 5 г) помещали в стакан, добавляли дистиллированную воду, обеспечивая соотношение массы продукции и воды (1:9) для получения водной вытяжки с массовой долей образца 10%, перемешивали содержимое с помощью стеклянной палочки в течение 1 мин.

Толщину основы определяли с помощью электронного штангенциркуля. Измерения проводили в пяти разных точках основы, а затем находили среднее значение.

Прозрачность основы устанавливали на фотоколориметре КФК-2МП при использовании зеленого светофильтра (590 нм). Для этого вырезали кусочек основы под размер кюветы, аккуратно помещали этот кусочек в кювету и производили замер Т %.

Для определения растворимости образцы основы размером 2×2 см взвешивали, помещали в дистиллированную воду на 60 минут при комнатной температуре, периодически перемешивая. По истечении заданного времени растворы отфильтровывали через фильтровальную бумагу для отделения нерастворимых частиц основ. Затем фильтры с остатками основ высушивали, взвешивали и определяли растворимость по формуле (1):

$$\text{Растворимость} = 100 - \left(\frac{m_1 - m_2}{m_3}\right) * 100\%, \quad (1)$$

где m_1 – масса фильтра и образца основы до растворения, г;

m_2 – масса фильтра с навеской основы после растворения и высушивания, г

m_3 – масса навески основы, г

Для оценки биоразлагаемости образцы основ размером 5×5 см помещали в компост, слегка увлажняли его и оставляли при комнатной температуре до полного разложения образца. Раз в неделю проверяли образцы и отмечали, через сколько недель образец полностью разложился.

Прочность при растяжении оценивалась при растягивании основы и выражали в мм.

Таблица 1 – Рецептуры эмульсий

Компонент	Рецептура эмульсий, %	
	с МКЦ	с БГ и МКЦ
Масло растительное	16,6	16,6
МКЦ	8,4	8,4
Вода	75	69,5
1%-ный раствор гидролизата коллагена	–	5,5

Таблица 2 – Рецептуры косметических основ

Компонент	Рецептура основы, %		
	на пектине	на пектине и желатине с эмульсией (МКЦ)	на пектине и эмульсии (МКЦ и БГ)
Пектин	2	1	2
Желатин	–	1	–
Глицерин	3	3	3
Эмульсия	20	20	20

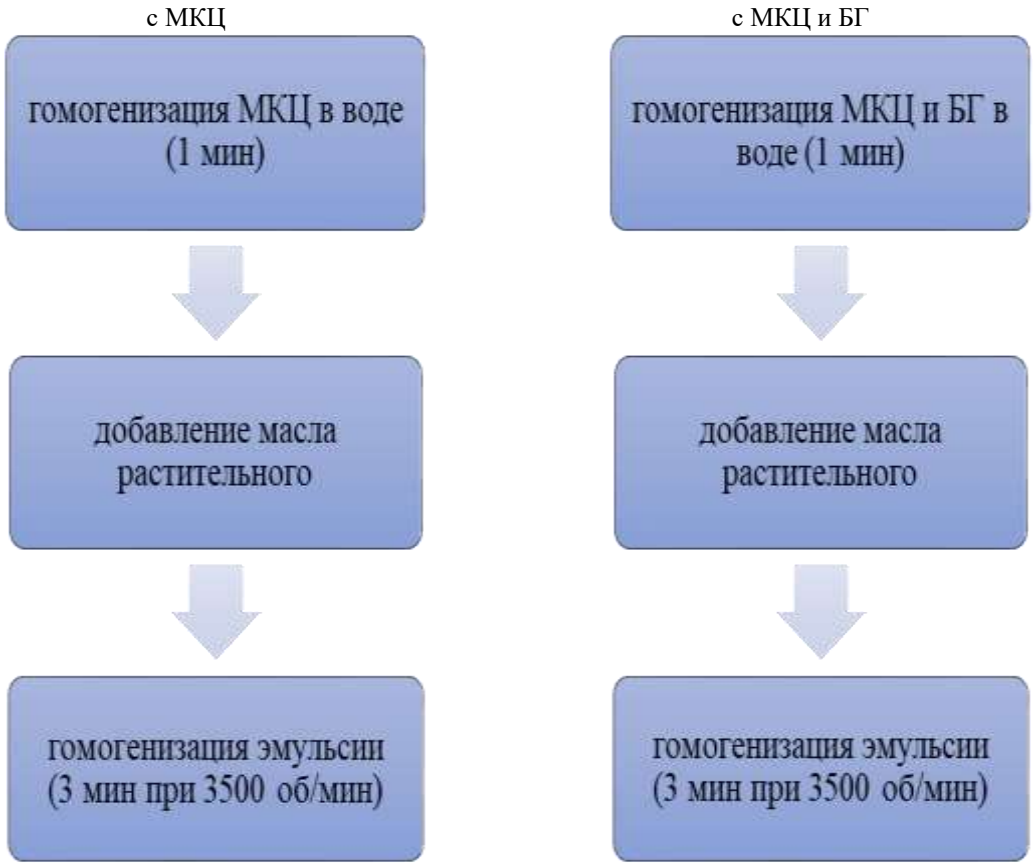


Рисунок 1 - Технология получения эмульсий

на пектине **на пектине и желатине с добавлением эмульсии на МКЦ** **на пектине с добавлением эмульсии на МКЦ и БГ**

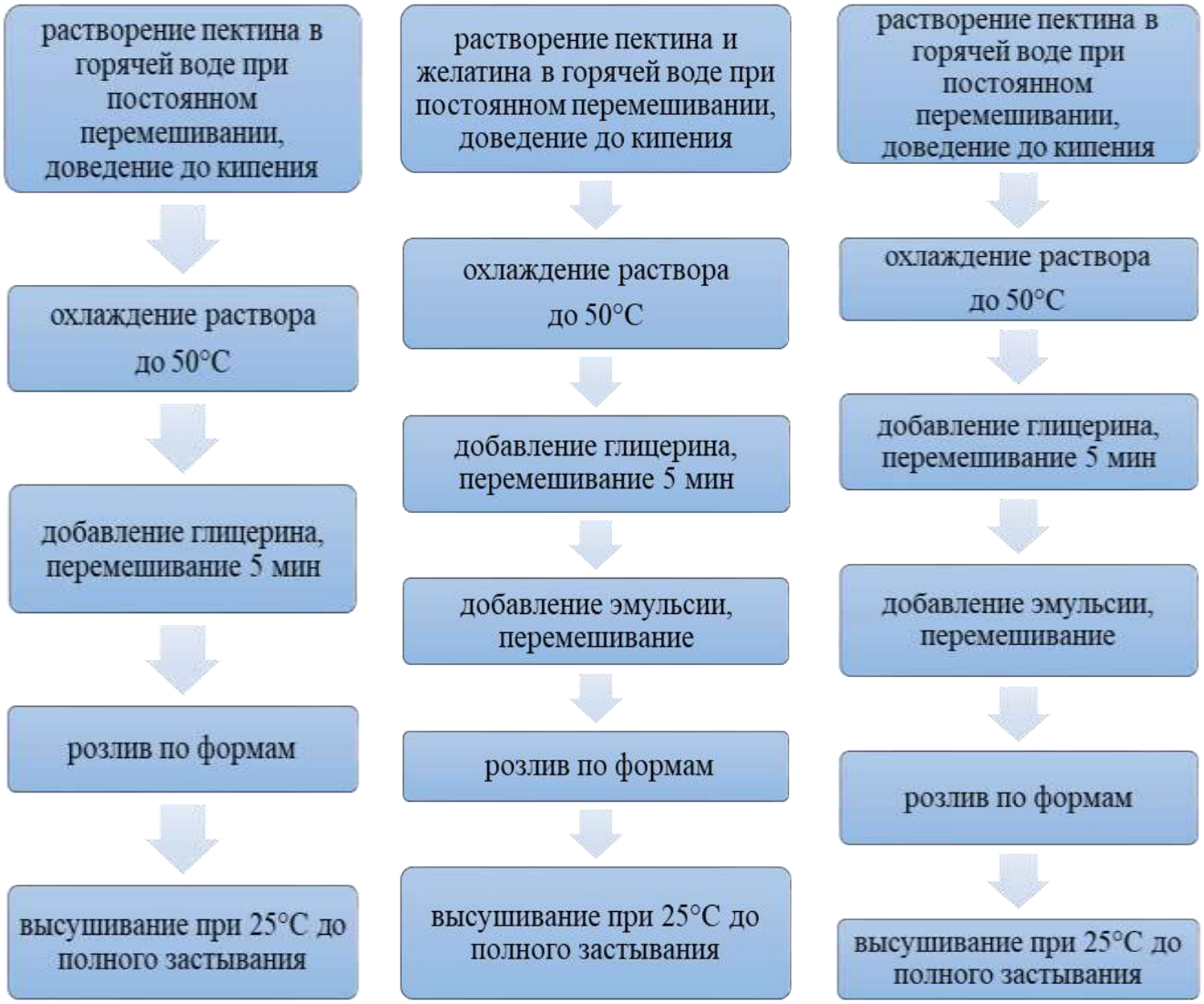


Рисунок 2 - Технология получения косметических основ

Результаты и обсуждение

Оценка качества образцов проводилась согласно ГОСТ 29188.0-2014 «Продукция парфюмерно-косметическая. Правила приемки, отбор проб, методы органолептических испытаний» и ГОСТ 33489-2015 «Продукция косметическая на носителях. Общие технические условия», ГОСТ 29188.2-2014 «Продукция парфюмерно-косметическая. Метод определения водородного показателя pH», ТР ТС 009/2011 «О безопасности парфюмерно-косметической продукции». Требования к органолептическим, физико-химическим и структурно-механическим показателям основ, а также полученные результаты исследований представлены в таблицах 3–5.

Оценка биоразлагаемости показала, что контрольный образец полностью превратился в биогумус к концу 3-й недели, а опытные образцы – через 2 недели.

Полученные основы по исследуемым показателям соответствует требованиям ГОСТ 33489-2015 «Продукция косметическая на носителях. Общие технические условия». Результаты показали, что опытные образцы имеют более высокую прочность при растяжении по сравнению с контролем. Следовательно, внесение эмульсии в пленку позволяет увеличить ее растяжимость и повысить эластичность. Активная кислотность pH находится в пределах нормы у всех образцов, а прозрачность полученных основ снизилась в сравнении с контролем, что обусловлено добавлением эмульсии, которая повлияла на появление белёсого оттенка. Контрольная основа на пектине обладает высокой растворимостью, что негативно сказывается на ее возможном применении с действующими растворами на водной основе, в то время как внесение желатина и эмульсии позволило значительно снизить растворимость и повысить устойчивость пленки. Использование дополнительных компонентов в опытных образцах также значительно ускорило процесс биоразложения.

Таблица 3 – Органолептические показатели основ

Наименование показателя	Требования согласно ГОСТ 33489-2015	Полученные результаты		
		Пектин	Пектин и желатин с эмульсией (МКЦ)	Пектин с эмульсией (МКЦ и БГ)
Внешний вид	Свойственный внешнему виду продукции конкретного названия	прозрачная однородная пленка	полу-прозрачная однородная с жирным блеском	прозрачная с жирным блеском
Цвет	Свойственный цвету продукции конкретного названия	бесцветная	белёсая	слегка белёсая
Запах	Свойственный запаху продукции конкретного названия	без посторонних запахов	без посторонних запахов	без посторонних запахов
Наличие трещин, пузырьков, посторонних включений, липкость и гибкость	–	трещин, пузырьков и посторонних включений не обнаружено, небольшая липкость присутствует, пленка мало гибкая	трещин и посторонних включений не обнаружено, присутствует небольшое количество пузырьков, пленка не липкая, гибкая и маслянистая	трещин, пузырьков и посторонних включений не обнаружено, небольшая липкость присутствует, пленка гибкая

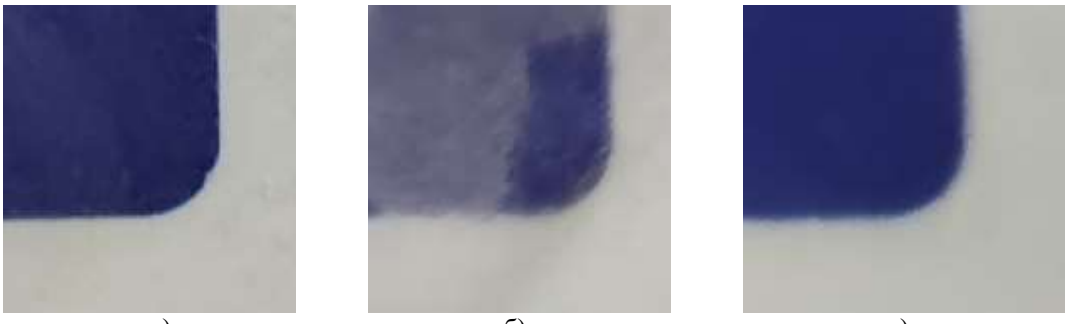
Таблица 4 – Физические и физико-химические показатели основ

Наименование показателя	Норма по ГОСТ 33489-2015	Полученные значения		
		Пектин	Пектин и желатин с эмульсией (МКЦ)	Пектин с эмульсией (МКЦ и БГ)
Водородный показатель, ед. pH	3,0–9,0	4,51	4,63	4,47
Прозрачность при 590 нм, %	–	82,5	71,2	77,0
Толщина, мм	–	0,10	0,14	0,17
Растворимость, %	–	99,1	39,2	46,5

Таблица 5 – Структурно-механические показатели основ

Наименование показателя	Требование по ГОСТ 33489-2015	Полученные значения		
		Пектин	Пектин и желатин с эмульсией (МКЦ)	Пектин с эмульсией (МКЦ и БГ)
Прочность при растяжении, см	–	0,4	0,6	0,7

На рисунке 3 представлен внешний вид готовых образцов пленок.



а) б) в)

Рисунок 3 - Внешний вид образцов пленок:
а) – пектин; б) – пектин и желатин с эмульсией (МКЦ); в) – пектин с эмульсией (МКЦ и БГ)

Выводы

В рамках исследования были получены образцы биоразлагаемых косметических основ на пектине, оценены их органолептические, физические, физико-химические и структурно-механические показатели, проведен тест на биоразлагаемость.

Полученные основы по исследуемым показателям соответствует требованиям ГОСТ 33489-2015 «Продукция косметическая на носителях. Общие технические условия» и ТР ТС 009/2011 «О безопасности парфюмерно-косметической продукции».

Результаты показали, что у опытных образцов возросла прочность на разрыв: на 50% у пектиновых с добавлением желатина и эмульсии и на 75% у пектиновых с эмульсией по сравнению с контролем. Соответственно, такие пленки более прочные и эластичные. Активная кислотность pH находится в пределах нормы у всех образцов 4,47–4,63 (согласно требованиям нормативной документации: 3,0–9,0). Прозрачность контрольного образца составила 82,5 %, а опытных – 71,2–77,0 %. Увеличение мутности вызвано внесением эмульсии, которая способствовала появлению белёсого оттенка.

Растворимость является важным фактором оценки возможности использования основ в косметической промышленности. Контрольный образец на пектине имеет высокую растворимость – 99,1 %, что негативно сказывается на возможном применении с действующими растворами на водной основе. Внесение желатина и эмульсии позволило значительно снизить растворимость (до 39,2%) и повысить устойчивость пленки в активных растворах. Помимо этого, использование дополнительных компонентов в опытных образцах также ускорило процесс биоразложения.

Таким образом, модификация пектиновой основы путем введения желатина и эмульсий на основе белкового гидролизата и микрокристаллической целлюлозы позволило скорректировать её свойства. Полученные материалы характеризуются улучшенными структурно-механическими показателями (прочность, сниженная растворимость) и при этом сохраняют способность к биоразлагаемости.

Список литературы

1. Голова А. Г., М. А. Демин Потребитель на рынке косметической продукции: мотивы и поведенческие тренды // Горизонты экономики. – 2022. – № 3(69). – С. 13-19
2. Исмаилова Г. Н., Старкова Д. В., Гущина А. А. Взаимосвязь соответствия косметических брендов экологическим трендам и лояльности потребителей продукции // Наука и образование в контексте глобальной трансформации: сб. стат. X Междун. науч.-практ. конф. – Петрозаводск: Международный центр научного партнерства «Новая Наука» (ИП Ивановская И.И.), 2023. – С. 68-75
3. Волжина В. Д. Основные тренды и тенденции российского рынка косметических товаров // Modern Science. – 2020. – № 6-1. – С. 33-41
4. Пак В. В., Неуструева А. С. Российский рынок косметики и парфюмерии: текущее состояние, тренды и перспективы развития // Меридиан. – 2020. – № 9(43). – С. 96-98.
5. Гуськова П. А. Индивидуальный подход и персонализация при выборе косметических масок для лица на носителях // XXXV Международные Плехановские чтения: сб. стат. участников: в 4-х томах. – М.: Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, 2022. – Т. 2. – С. 138-141
6. Горюнова О. Б., Водорезова Е. С. Результаты сравнительной оценки эргономических показателей косметических масок для лица на нетканой основе // Качество, контроль и експертиза на стоките: сборник с доклади от Кръгла маса с международным участием. – Варна: Наука и экономика, 2019. – С. 148-156
7. Рогова Е. Е., Аверьянова Е. В. Природные гидроколлоиды: характеристика и перспективы использования в составе упаковочного материала // Современные проблемы техники и технологии пищевых производств: материалы XXIII междунар. науч.-практ. конф. – Барнаул: Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, 2023. – С. 235-238
8. Тарасова, Д. С. Разработка технологии биодеградируемой пленки на основе пектина // XXVI регион. конф. молодых ученых и исследователей Волгоградской области: сб. стат. – Волгоград: Волгоградский государственный медицинский университет, 2023. – С. 484-486
9. Копылова Е. В., Донченко Л. В. Характеристика современных методов получения яблочного пектина // Теория и практика современной аграрной науки: сб. нац. (Всерос.) науч. конф. – Новосибирск: ИЦ «Золотой колос», 2018. – С. 378-381
10. Исследование структуры и свойств пищевых биоактивных пленок на основе пектина / О. В. Зинина, С. П. Меренкова, Е. А. Вишнякова [и др.] // Вестник КрасГАУ. – 2024. – № 1(202). – С. 201-207.
11. Zhang, S., Cheng, X., Fu, Q., Li, Y., Wu, P., Qiao, Y., Yan, J., Si, L., Waterhouse, G.I.N., Li, H., Ai, S. Pectin-nanolignin composite films with water resistance, UV resistance, and antibacterial activity // Food Hydrocolloids. 2023. Vol. 143. No. 108783
12. León-López, A., Morales-Peñaloza, A., Martínez-Juárez, V.M., Vargas-Torres, A., Zeugolis, D.I., Aguirre-Álvarez, G. Hydrolyzed Collagen–Sources and Applications. Molecules. 2019. Vol. 24. Article 4031
13. Виноградова К. А. Создание пищевой биоразлагаемой пленки-упаковки на основе растительного полисахарида // Инновационные технологии в пищевой промышленности и общественном питании: материалы XI Междунар. науч.-практ. конф. – Екатеринбург: Уральский государственный экономический университет, 2024. – С. 166-172
14. Балакина, М. В. Эмульсионные системы в косметике: типы, стабильность, подбор эмульгатора // Сырье и упаковка для парфюмерии, косметики и бытовой химии. – 2024. – № 9(280). – С. 23-25
15. Зинина О. В., Меренкова С. П., Вишнякова Е. А. Технологии получения пищевых пленочных покрытий на основе различных структурообразователей // Аграрная наука. – 2023. – № 3. – С. 117-12

References

1. Golova A. G., M. A. Demin Consumer in the market of cosmetic products: motives and behavioral trends // Horizons of Economics. – 2022. – No. 3(69). – pp. 13-19

2. Ismailova G. N., Starkova D. V., Gushchina A. A. The relationship between cosmetic brands' compliance with environmental trends and product consumer loyalty // Science and education in the context of global transformation: collection of articles of the X International Scientific and Practical Conference. – Petrozavodsk: International Center for Scientific Partnership "New Science" (IP Ivanovskaya I.I.), 2023. – P. 68-75

3. Volzhina V.D. Main trends and tendencies of the Russian market of cosmetic products // Modern Science. – 2020. – No. 6-1. – pp. 33-41

4. Pak V.V., Neustrueva A.S. Russian market of cosmetics and perfumes: current state, trends and development prospects // Meridian. – 2020. – No. 9(43). – pp. 96-98.

5. Guskova P. A. Individual approach and personalization when choosing cosmetic face masks on media // XXXV International Plekhanov Readings: collection of articles by participants: in 4 volumes. – M.: Russian Economic University named after. G.V. Plekhanov, 2022. – T. 2. – P. 138-141

6. Goryunova O. B., Vodorezova E. S. Results of a comparative assessment of the ergonomic indicators of cosmetic face masks on a non-woven basis // Quality, control and examination in stock: a collection of reports from Krgla Masa with international participation. – Varna: Science and Economics, 2019. – pp. 148-156

7. Rogova E. E., Averyanova E. V. Natural hydrocolloids: characteristics and prospects for use in packaging materials // Modern problems of technology and technology of food production: materials of the XXIII International Scientific and Practical Conference. – Barnaul: Altai State Technical University named after. I. I. Polzunova, 2023. – P. 235-238

8. Tarasova, D. S. Development of technology for biodegradable film based on pectin // XXVI Regional Conference of Young Scientists and Researchers of the Volgograd Region: collection of articles. – Volgograd: Volgograd State Medical University, 2023. – P. 484-486

9. Kopylova E. V., Donchenko L. V. Characteristics of modern methods for obtaining apple pectin // Theory and practice of modern agricultural science: collection of the national (All-Russian) scientific conference. – Novosibirsk: IC "Golden Ear", 2018. – P. 378-381

10. Study of the structure and properties of food bioactive films based on pectin / O. V. Zinina, S. P. Merenkova, E. A. Vishnyakova [etc.] // Bulletin of KrasGAU. – 2024. – No. 1(202). – pp. 201-207.

11. Zhang, S., Cheng, X., Fu, Q., Li, Y., Wu, P., Qiao, Y., Yan, J., Si, L., Waterhouse, G.I.N., Li, H., Ai, S. Pectin-nanolignin composite films with water resistance, UV resistance, and antibacterial activity // Food Hydrocolloids. 2023. Vol. 143.No. 108783

12. León-López, A., Morales-Peñaloza, A., Martínez-Juárez, V.M., Vargas-Torres, A., Zeugolis, D.I., Aguirre-Álvarez, G. Hydrolyzed Collagen–Sources and Applications. Molecules. 2019. Vol. 24.Article 4031

13. Vinogradova K. A. Creation of food biodegradable film-packaging based on plant polysaccharide // Innovative technologies in the food industry and public catering: materials of the XI International scientific and practical conference. – Ekaterinburg: Ural State Economic University, 2024. – P. 166-172

14. Balakina, M. V. Emulsion systems in cosmetics: types, stability, selection of emulsifier // Raw materials and packaging for perfumery, cosmetics and household chemicals. – 2024. – No. 9(280). – pp. 23-25

15. Zinina O. V., Merenkova S. P., Vishnyakova E. A. Technologies for producing food film coatings based on various structure formers // Agrarian Science. – 2023. – No. 3. – P. 117-12

10.52671/26867591_2026_1_228
УДК 637.1

ЭФФЕКТИВНОСТЬ МЕТОДА ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ХОЛОДНОЙ ПЛАЗМОЙ ВНУТРЕННЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ТАРЫ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ И ТРАНСПОРТИРОВКИ ПИВА

ГАНЕНКО С.В.[1], канд. техн. наук, доцент
ЛУКИН А.А.[1], канд. техн. наук, доцент
БУДИЛИН В.Н.[1], магистр
СЕЛИМОВА У.А.[2], канд. с.-х. наук, доцент
[1]ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет, г. Челябинск, Россия
[2]ФГБОУ ВО Дагестанский ГАУ, г. Махачкала, Россия

EFFICIENCY OF THE METHOD OF DISINFECTION OF BEER STORAGE AND TRANSPORTATION CONTAINERS WITH COLD PLASMA

GANENKO S.V.[1], Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
LUKIN A.A.[1], Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
BUDILIN V.N.[1], Master
SELIMOVA U.A. [2], Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor
[1]South Ural State Agrarian University, Chelyabinsk, Russia
[2]Dagestan State Agrarian University, Makhachkala, Russia

Аннотация. За последние десятилетия низкотемпературная холодная плазма (НХП) получила широкое признание как одна из наиболее перспективных нетермических технологий обработки пищевых продуктов. Благодаря уникальным физико-химическим свойствам НХП способна эффективно инактивировать широкий спектр микроорганизмов (бактерии, вирусы, грибы, споры) на поверхности и внутри продуктов, модифицировать их поверхностные свойства, улучшать качество упаковки и влиять на функциональные характеристики ингредиентов. Важным преимуществом является сохранение термолабильных компонентов и органолептических качеств, поскольку обработка происходит при низких температурах. Несмотря на значительные научные достижения в области плазменных технологий как в мире, так и в России, внедрение НХП в отечественную пищевую промышленность находится на начальном этапе. Существуют технологические, регуляторные и экономические барьеры, требующие комплексного анализа и устранения. Однако потенциал НХП в повышении конкурентоспособности отечественной продукции и обеспечении продовольственной безопасности очевиден. В России, несмотря на наличие научных наработок и развития цифровых технологий, синергетическое внедрение НХП и ИИ в пищевую промышленность пока ограничено. Это связано с рядом технологических, экономических и нормативных барьеров, требующих комплексного решения. Тем не менее, потенциал данной интеграции для повышения качества, безопасности и устойчивости отечественного пищевого производства очевиден и требует дальнейших исследований и практической реализации.

Ключевые слова: низкотемпературная холодная плазма, микроорганизмы, потребительская тара, плазма, санитарно-гигиеническая безопасность.

Abstract. *Over the past decades, low-temperature cold plasma (LTCP) has gained wide recognition as one of the most promising non-thermal technologies for food processing. Due to its unique physical and chemical properties, LTCP can effectively inactivate a wide range of microorganisms (bacteria, viruses, fungi, spores) on the surface and inside products, modify their surface properties, improve the quality of packaging and affect the functional characteristics of ingredients. An important advantage is the preservation of heat-labile components and organoleptic qualities, since the processing occurs at low temperatures. Despite significant scientific advances in the field of plasma technologies both in the world and in Russia, the introduction of LTCP in the domestic food industry is at an early stage. There are technological, regulatory and economic barriers that require comprehensive analysis and elimination. However, the potential of LTCP in increasing the competitiveness of domestic products and ensuring food security is obvious. In Russia, despite the availability of scientific developments and the development of digital technologies, the synergistic implementation of NHP and AI in the food industry is still limited. This is due to a number of technological, economic and regulatory barriers that require a comprehensive solution. Nevertheless, the potential of this integration to improve the quality, safety and sustainability of domestic food production is obvious and requires further research and practical implementation.*

Keywords: *low-temperature cold plasma, microorganisms, consumer packaging, plasma, sanitary and hygienic safety.*

Введение. Плазма представляет собой особое агрегатное состояние вещества, характеризующееся квазинейтральностью и высокой подвижностью частиц (рис. 1).



Рисунок 1 – Процессы перехода веществ в агрегатные состояния в системе энтальпия

Она состоит из свободных заряженных частиц — электронов и ионов, а также, при частичной ионизации, из нейтральных атомов и молекул. Под квазинейтральностью понимается состояние, при котором плотности положительных и отрицательных зарядов в объёме среды практически равны, благодаря чему отсутствует значительное электрическое поле. При локальном нарушении этого равновесия в плазме возникают электростатические поля, стремящиеся восстановить нейтральность системы. Физические свойства плазмы в значительной степени определяются дальнодействующим характером кулоновских взаимодействий. Ввиду сравнительно низкой плотности, взаимодействия между ближайшими частицами имеют меньший вклад по сравнению с суммарным действием удалённых зарядов [1].

С практической точки зрения, особенно в прикладных технологиях, выделяют два основных типа холодной плазмы: низкотемпературную и высокотемпературную (рис. 2). К низкотемпературной плазме относят такие состояния, в которых средняя энергия электронов не превышает потенциал ионизации (как правило, менее 10 электронвольт), а температурный диапазон не превышает 10^5 К. В случае повышения температуры выше этого уровня, плазма классифицируется как высокотемпературная [2].

Низкотемпературная плазма, как правило, характеризуется слабо ионизированным состоянием — концентрация нейтральных атомов и молекул в ней существенно превышает концентрацию ионов и электронов [3].

В зависимости от энергетического и структурного состояния, низкотемпературную плазму подразделяют на следующие типы:

– идеальная и неидеальная, в зависимости от степени взаимодействия между частицами;

– равновесная и неравновесная, в зависимости от соответствия между температурами различных компонентов;

– стационарная и нестационарная, в зависимости от постоянства характеристик во времени.

В идеальной плазме средняя кинетическая энергия заряженных частиц значительно превышает энергию их взаимодействия, что позволяет описывать такую систему в приближении независимых частиц, подверженных действию электрических и магнитных полей. Напротив, в неидеальной плазме значительную роль играют межчастичные кулоновские взаимодействия, и её описание требует учёта коллективных эффектов [4].

К числу основных параметров, используемых для описания состояния плазмы, относятся:

– концентрация частиц (единица измерения – $м^{-3}$);

– температура (в Кельвинах или электронвольтах; при этом 1 эВ ≈ 11 605 К);

– индукция внешнего магнитного поля.

На основе указанных базовых величин можно рассчитать целый ряд вторичных характеристик, таких как длина дебаевского экранирования, плазменная частота, коэффициент ионизации и другие, играющие важную роль при моделировании и практическом использовании плазменных технологий [5-7].

Материалы и методы

Цель эксперимента – установить эффективность метода обеззараживания низкотемпературной (холодной) плазмы внутренней поверхности тары объемом 0,5 литра, предназначенной для хранения и транспортировки пива, с целью снижения микробиологической нагрузки и повышения санитарно-гигиенической безопасности без применения термических и химических воздействий [8,9].

Объект обеззараживания стеклянная тара объемом 0,5 литра. Выбирая разные параметры генерации плазмы с реализацией режима интеллектуальной автоматизации (ИА), необходимо будет доказать эффективность процесса обеззараживания путем микробиологического исследования, найти оптимальные режимы процесса.

Исследования проводили в лаборатории на кафедре «Тракторы, сельскохозяйственные машины и земледелие» в институте Агроиженерии ФГБОУ ВО «Южно-Уральский ГАУ» (под руководством доцента кафедры «Тракторы, сельскохозяйственные машины и земледелие», кандидата биологических наук Людмилы Михайловны Медведевой).

Результаты исследований

Макет устройства, генерирующий низкотемпературную (холодную) плазму, состоял из следующих элементов:

1. Блок питания AC -DC преобразователь 220В на 12 В/5А (MeanWell RS-15-12).

2. Предохранитель 1А, варистор 471k, EMI-фильтр.

3. На рисунке 3 изображен модуль MeanWell RS-15-12.

4. Генератор ВЧ, схема TL494 + драйвер IR2110, частота 20 кГц (R=15 кОм, C=2.2 нФ), импульсы 10 мкс, скважность 8 %.

5. Силовая часть представляет из себя: MOSFET (IRFP460 (500V/20A) x2 в полумосте), трансформатор (Сердечник ETD34, N87 феррит), обмотки (Первичка: 2×10 вит. (Ø1.2 мм), Вторичка: 2000 вит. (Ø0.1 мм)), умножитель (4 ступени (диоды HER108, конд. 3.3 нФ/20 кВ)).

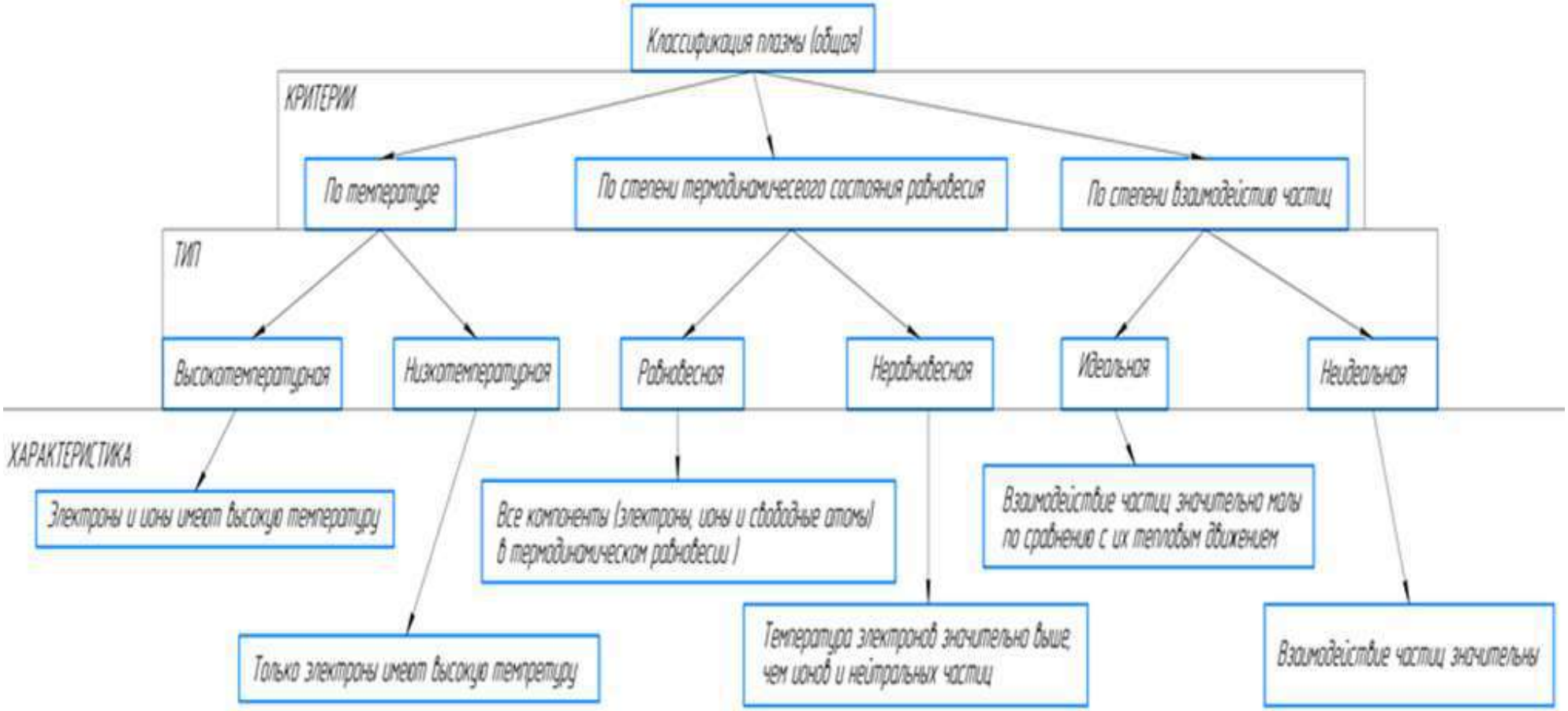


Рисунок 2 – Классификация плазмы (общая)



Рисунок 3 - Внешний вид модуля MeanWell RS-15-12

Сборка осуществлялась свежующим образом: сетевой блок устанавливаем в экранированный отсек. Плату генератора высоких частот плату по схеме TL494 + IR2110 + IRFP460. Трансформатор наматываем вторичную обмотку 4 слоя изоляцией майларом. Вольфрамовые иглы фиксируем керамическом держателе и запрессовываем в кварцевую трубку [13-15].

Собранные платы, блок питания, частотный преобразователь и повышающий трансформатор (для создания высокого напряжения на электроде) были помещены в корпус изображены на рисунке 4.



Рисунок 4 – Внешний вид генератора холодной плазмы в собранном виде

После установки компонентов в корпус, сделаны замеры измерения параметров данного устройства с помощью осциллографа.

Данное устройство может быть использовано для обработки различного рода поверхностей.

На рисунке 5 изображен тест работы плазмогенератора холодной плазмы на обычных электродах.

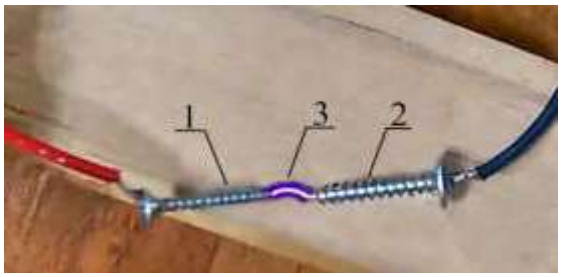


Рисунок 5 - Внешний вид заряда пробный без электрода с вольфрамовыми иглами: 1,2 – наконечники выходных электродов;
3 – низкотемпературная (холодная) плазма

Характеристики данного макета генерации холодной плазмы (низкотемпературной) представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики, установки

Характеристики	Значения
Входное напряжение	220 В (50 Гц)
Температура плазмы в районе разряда	~40 °С
Частота разряда	20 кГц
Потребляемая мощность	2,1 Вт (9,5мА)
Выходное напряжение	15 кВ (импульсное)

В таблице 2 приведены постоянные характеристики, которые проходили в лабораторных испытаниях.

Таблица 2 - Условно постоянные при проведении опытов

Характеристики	Значения
Выходное напряжения	15 кВ (импульсное)
Частота разряда	20 кГц
Ток короны	80 мкА
Температура плазмы в районе разряда	~ 40 ℃
Плазмообразующее вещество	Воздух
Тип электрода	Вольфрамовые иглы
Давление	Атмосферное давление
Условие загрязнения	10^2-10^3 КОЕ/см^2

Было задействовано в лабораторных испытаниях 7 стеклянной и 7 ПЭТ тары.

Так же использовались 20 чашек Петри.

Первый блок эксперимента проводился с условно постоянными характеристиками на объекте обеззараживания стеклянная тара объемом 0,5 литра, время обработки, 0 сек., 4 сек.,8 сек., 12 сек., 16 сек., 20 сек.

Второй блок эксперимента отличался от только объектом обеззараживания, была ПЭТ тара [10-12].

В таблице 3 представлены результаты опытов обеззараживания тары холодной плазмой.

Таблица 3 - Результаты общего микробного числа, КОЕ/см^2

Параметр	Время, с					
	0	4	8	12	16	20
Стеклянная тара (0,5л)	1000	890	300	0	0	0
ПЭТ тара (0,5л)	978	864	250	0	0	0
Стерильность	-	-	-	+	+	+

В частном порядке был проведен эксперимент обеззараживания двух типов тар с временем обработки 10 секунд, которой показал свою эффективность, обе тары были стерильными.

На рисунке 6, показано общее число колоний, распространяемых после процесса обеззараживания в зависимости от времени.

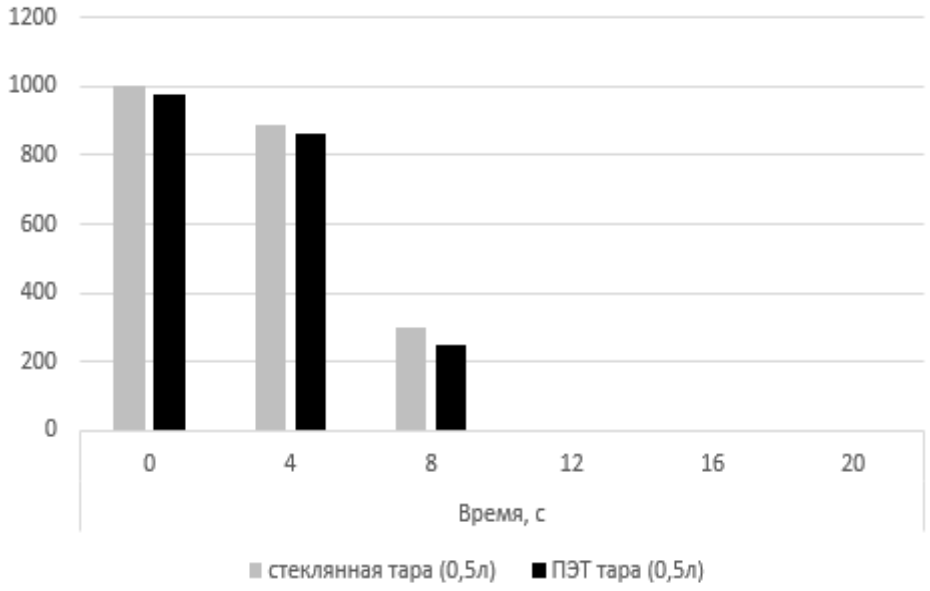


Рисунок 6 - Гистограмма результатов ОМЧ

На рисунке 7 изображен процесс подсчета общего микробного числа колоний после процесса обеззараживания.

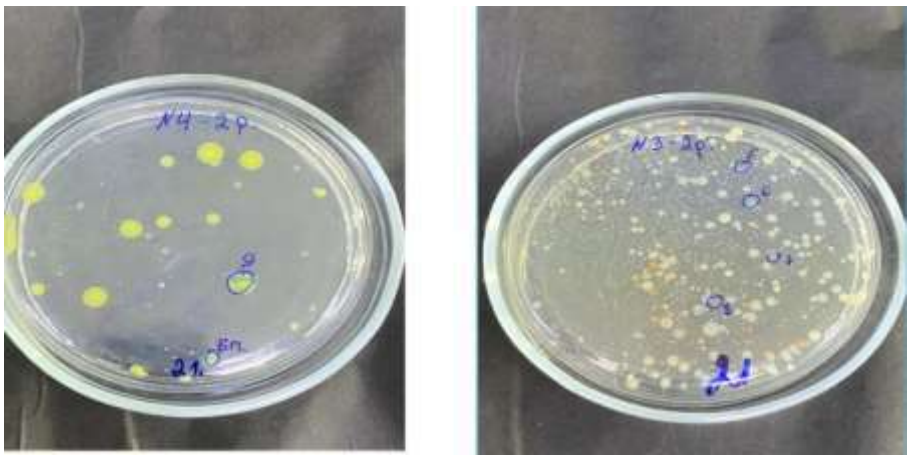


Рисунок 7 - Фотография подсчета колоний микробных

Из результатов можно сделать вывод что при увеличении частоты, повышается эффективность уничтожение общего микробного числа до полной стерилизации в зависимости от времени. Данный способ применения генерации низкотемпературной (холодной) плазмы имеет доказал свою эффективность при стерилизации тары.

Заключение

Для успешного внедрения и максимизации потенциала НХП необходим комплексный подход, включающий не только совершенствование самой технологии, но и использование современных цифровых инструментов. В этом контексте методы искусственного интеллекта (ИИ), особенно машинного обучения, играют ключевую роль. Они позволяют анализировать большие объемы данных, прогнозировать оптимальные режимы обработки, автоматизировать контроль качества и адаптировать технологию под конкретные виды продукции. Интеграция ИИ с плазменными технологиями открывает перспективы создания «умных» производственных систем, способных к самооптимизации, что значительно повышает эффективность и экономическую целесообразность применения НХП.

В России, несмотря на наличие научных наработок и развития цифровых технологий, синергетическое внедрение НХП и ИИ в пищевую промышленность пока ограничено. Это связано с рядом технологических, экономических и нормативных барьеров, требующих комплексного решения. Тем не менее, потенциал данной интеграции для повышения качества, безопасности и устойчивости отечественного пищевого производства очевиден и требует дальнейших исследований и практической реализации.

Список литературы

1. Lianshui Z., Xiaojun W., Weidong L., Xueliang C., Kuifang Z. Removal Dynamics of Nitric Oxide (NO) Pollutant Gas by Pulse-Discharged Plasma Technique // Sci. World J. – 2014. – № 20. – P. 12-19.

2. Gholami R., Stere C.E., Goguet A., Hardacre C. Non-Thermal Plasma Activated deNOx Catalysis // Philosoph. Transact. Royal Soc. A-Mathemat. Phys. Eng. Sci. – 2017. – № 376. – P.20170054.

3. Skalska K., Miller J.S., Ledakowicz S. Trends in NOx abate-ment: A review // Sci. Total Environ. – 2010. – № 408. – P. 3976–3989.

4. Wang B., Xu X., Xu W., Wang N., Xiao H., Sun Y., Huang H., Yu L., Fu M., Wu J., Chen L., Ye D. The Mechanism of Non-thermal Plasma Catalysis on Volatile Organic Com-pounds Removal // Catal. Surv. Asia. – 2018. – № 22. – P. 73–94.

5. Sysolyatina E., Mukhachev A., Yurova M., Grushin M., Karalnik V., Petryakov A., Trushkin N., Ermolaeva S., Akishev Yu. Role of the charged particles in bacteria inacti-vation by plasma of a positive and negative corona in ambient air // Plasma Proc. Polymer. – 2014. – № 11(4). – P. 315-334.

6. Misra N.N., Kaur S., Tiwari B.K., Kaur A., Singh N., Cullen P.J. Atmospheric pressure cold plasma (ACP) treatment of wheat flour // Food Hydrocol. – 2015. – № 44. – P. 115-121.

7. Nie Q.Y., Cao Z., Ren C.S., Wang D.Z., Kong M.G. A two-dimensional cold atmospheric plasma jet array for uniform treatment of large-area surfaces for plasma medicine // New J. Phys. – 2009. – № 11. – P. 115015.

8. Современная упаковка и ее влияние на сохранность продукции с заданными потребительскими свойствами / Архипов Д.С., Архипова Т.М., Токарева Т.Ю. [и др.] // Известия Дагестанского ГАУ. – 2023. – № 2(18). – С. 140-147.

9. Будилин В.Н. Способы инициирования химических реакций низкотемпературной плазмы для дезинфекции пищевых продуктов // Актуальные вопросы в области агроинженерии: теория и практика:

материалы Нац. (Всерос.) науч. конф. Института агроинженерии. – Челябинск: Южно-Уральский государственный аграрный университет, 2024. – С. 148-153.

10. Magureanu M., Piroi D., Mandache N.B., David V., Medvedovici A., Bradu C., Parvulescu V.I. Degradation of antibiotics in water by non-thermal plasma treatment // Water Res. – 2011. – № 45. – P. 3407–3416.

11. Mahyar A., Miessner H., Mueller S., Kalass D., Piechotta T., Moeller D. Non-thermal plasma assisted destruction of persistent organic contaminants in water - a new approach us-ing a planar falling film reactor // Internat. J. Plasma Environ. Sci. Technol. – 2016. – № 10(2). – P. 151-156.

12. Tao X., Lu R., Li H. Electrical characteristics of dielectric-barrier discharges in atmospheric pressure air using a power-frequency voltage source // Plasma Sci. Technol. – 2012. – № 14. – P. 723.

13. Dojčinović B., Obradović B., Kuraica M., Pergal M., Dolić S., Inđić D., Tosti T., Manojlović D. Application of non-thermal plasma reactor for degradation and detoxification of high concentrations of dye Reactive Black 5 in water // J. Serb. Chem. Soc. – 2016. – № 81(7). – P. 829–845.

14. Lukes P., Dolezalova E., Sisrova I., Clupek M. Aqueous-phase chemistry and bactericidal effects from an air discharge plasma in contact with water: evidence for the formation of peroxynitrite through a pseudo-second-order post-discharge reaction of H2O2 and HNO2 // Plasma Sour. Sci. Technol. – 2014. – № 23. – P. 015019.

15. Gunnar R.S, Christopher L.B., Fei Dai, Thomas M.H., Selma M.T. Plasma-based water treatment: conception and application of a new general principle for reactor design // Chem. Eng. J. – 2015. – № 273. – P. 543–550.

References

1. Lianshui Z., Xiaojun W., Weidong L., Xueliang C., Kuifang Z. Removal Dynamics of Nitric Oxide (NO) Pollutant Gas by Pulse-Discharged Plasma Technique // Sci. World J. – 2014. – № 20. – P. 12-19.

2. Gholami R., Stere C.E., Goguet A., Hardacre C. Non-Thermal Plasma Activated deNOx Catalysis // Philosoph. Transact. Royal Soc. A-Mathemat. Phys. Eng. Sci. – 2017. – № 376. – P.20170054.

3. Skalska K., Miller J.S., Ledakowicz S. Trends in NOx abate-ment: A review // Sci. Total Environ. – 2010. – № 408. – P. 3976–3989.

4. Wang B., Xu X., Xu W., Wang N., Xiao H., Sun Y., Huang H., Yu L., Fu M., Wu J., Chen L., Ye D. The Mechanism of Non-thermal Plasma Catalysis on Volatile Organic Com-pounds Removal // Catal. Surv. Asia. – 2018. – № 22. – P. 73–94.

5. Sysolyatina E., Mukhachev A., Yurova M., Grushin M., Karalnik V., Petryakov A., Trushkin N., Ermolaeva S., Akishev Yu. Role of the charged particles in bacteria inacti-vation by plasma of a positive and negative corona in ambient air // Plasma Proc. Polymer. – 2014. – № 11(4). – P. 315-334.

6. Misra N.N., Kaur S., Tiwari B.K., Kaur A., Singh N., Cullen P.J. Atmospheric pressure cold plasma (ACP) treatment of wheat flour // Food Hydrocol. – 2015. – № 44. – P. 115-121.

7. Nie Q.Y., Cao Z., Ren C.S., Wang D.Z., Kong M.G. A two-dimensional cold atmospheric plasma jet array for uniform treatment of large-area surfaces for plasma medicine // New J. Phys. – 2009. – № 11. – P. 115015.

8. Modern packaging and its influence on the safety of products with specified consumer properties / Arkhipov D.S., Arkhipova T.M., Tokareva T.Yu. [and others] // Dagestan GAU Proceedings. – 2023. – No. 2(18). – pp. 140-147.

9. Budilin V.N. Methods of initiating chemical reactions of low-temperature plasma for disinfection of food products // Current issues in the field of agricultural engineering: theory and practice: materials of the National (All-Russian) Scientific Conference of the Institute of Agricultural Engineering. – Chelyabinsk: South Ural State Agrarian University, 2024. – P. 148-153.

10. Magureanu M., Piroi D., Mandache N.B., David V., Medvedovici A., Bradu C., Parvulescu V.I. Degradation of antibiotics in water by non-thermal plasma treatment // Water Res. – 2011. – № 45. – P. 3407–3416.

11. Mahyar A., Miessner H., Mueller S., Kalass D., Piechotta T., Moeller D. Non-thermal plasma assisted destruction of persistent organic contaminants in water - a new approach us-ing a planar falling film reactor // Internat. J. Plasma Environ. Sci. Technol. – 2016. – № 10(2). – P. 151-156.

12. Tao X., Lu R., Li H. Electrical characteristics of dielectric-barrier discharges in atmospheric pressure air using a power-frequency voltage source // Plasma Sci. Technol. – 2012. – № 14. – P. 723.

13. Dojčinović B., Obradović B., Kuraica M., Pergal M., Dolić S., Inđić D., Tosti T., Manojlović D. Application of non-thermal plasma reactor for degradation and detoxification of high concentrations of dye Reactive Black 5 in water // J. Serb. Chem. Soc. – 2016. – № 81(7). – P. 829–845.

14. Lukes P., Dolezalova E., Sisrova I., Clupek M. Aqueous-phase chemistry and bactericidal effects from an air discharge plasma in contact with water: evidence for the formation of peroxynitrite through a pseudo-second-order post-discharge reaction of H2O2 and HNO2 // Plasma Sour. Sci. Technol. – 2014. – № 23. – P. 015019.

15. Gunnar R.S, Christopher L.B., Fei Dai, Thomas M.H., Selma M.T. Plasma-based water treatment: conception and application of a new general principle for reactor design // Chem. Eng. J. – 2015. – № 273. – P. 543–550.

10.52671/26867591_2026_1_236
УДК 621.43.001.42

СИСТЕМА SCR ДВИГАТЕЛЯ АВТОТРАКТОРНОГО СРЕДСТВА И АНАЛИЗ ЕЕ ЭЛЕМЕНТОВ

ГРИЦЕНКО А.В.[1,2], д-р техн. наук, профессор
СТАРУНОВ А.В.[2], канд. техн. наук, доцент
ЛУКИН А.А.[1,2], канд. техн. наук, доцент
БУРЦЕВ А.Ю.[3], канд. техн. наук, доцент
ДРУЖКОВ К.К.[1], инженер
[1] ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет» (ЮУрГУ НИУ), г. Челябинск
[2] ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет, г. Челябинск
[3]Филиал Кузбасского государственного технического университета им. Т.Ф. Горбачева, г. Белово

SCR SYSTEM OF A VEHICLE ENGINE AND ANALYSIS OF ITS ELEMENTS

GRITSENKO A.V.[1,2], Doctor of Technical Sciences, Professor
STARUNOV A.V. [2], Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor
LUKIN A.A.[1,2], Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor
BURTSEV A.Yu.[3], Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor
DRUZHKOV K.K.[1], engineer
[1] South Ural State University, Chelyabinsk
[2] South Ural State Agrarian University, Chelyabinsk
[3] Branch of Kuzbass State Technical University named after T.F. Gorbachev, Belovo

Аннотация. В статье представлено описание конструкции и отдельных элементов системы SCR современных автотракторных средств. Анализ конструкции современных автотракторных средств показывает на наличие многочисленных электронных систем, целью установки которых является прецизионное управление экологическими параметрами выхлопных газов. Соответствие стандартам ЕВРО-6 и ЕВРО-7 требует обязательной установки системы BlueTEC. Данная система включает в себя большое количество элементов, подверженных изменениям в процессе эксплуатации. Их единичная надежность объединяется в общую надежность системы BlueTEC, которая в значительной степени зависит от эксплуатационных факторов. Возникает необходимость обеспечения высокой надежности системы BlueTEC в эксплуатационных условиях. Система SCR включает в себя множество разнообразных сложных компонентов, которые обеспечивают главную цель – существенное снижение токсичности отработавших газов. Одновременно с этим, сложные системы BlueTEC заметно уменьшают надежность двигателя и делают его чувствительным к условиям эксплуатации и качественным характеристикам используемых расходных материалов. Значительное число электронных компонентов в системе SCR требует непрерывного контроля их работоспособности. По каждому элементу системы BlueTEC сделаны выводы и приведены рекомендации для эксплуатации. Материалы могут быть использованы специалистами при обслуживании и разработке систем SCR современных автотракторных средств.

Ключевые слова: двигатель, система SCR, система BlueTEC, каталитический нейтрализатор, система впрыска AdBlue, сопротивление, диагностика, отказ.

Abstract. *This article describes the design and individual components of the SCR system found in modern automotive and tractor vehicles. An analysis of the design of modern automotive and tractor vehicles reveals the presence of numerous electronic systems designed to precisely control exhaust emissions. Compliance with EURO 6 and EURO 7 standards requires the installation of the BlueTEC system. This system comprises a large number of components subject to change during operation. Their individual reliability contributes to the overall reliability of the BlueTEC system, which significantly depends on operational factors. Therefore, it is essential to ensure high reliability of the BlueTEC system under operating conditions. The SCR system comprises a variety of complex components that achieve its primary goal—significantly reducing exhaust toxicity. At the same time, complex BlueTEC systems significantly reduce engine reliability and make it sensitive to operating conditions and the quality characteristics of the consumables used. The significant number of electronic components in the SCR system requires continuous monitoring of their performance. Conclusions and recommendations for operation are provided for each BlueTEC system element. The materials can be used by specialists in the maintenance and development of SCR systems for modern automotive and tractor vehicles.*

Keywords**:** *engine, SCR system, BlueTEC system, catalytic converter, AdBlue injection system, resistance, diagnostics, failure.*

Актуальность. В настоящее время активно развивается стратегия оснащения автотракторных средств средствами непрерывного контроля [1,2]. Встроенные системы непрерывно усложняются и становятся некоторым препятствием в обеспечении высоко надежности двигателя [3, 4]. Так, например, в стандартах ЕВРО-6 и ЕВРО-7 (будет принят в перспективе) прописан ресурс комплексной антитоксичной системы на уровне 150-300 тыс. км пробега [5,6]. После чего предусмотрены списание автотракторных средств и их утилизация [7,8]. Хотя в предыдущие годы развития стратегий использования автотракторных средств доминировала направленность на непрерывный рост ресурсных параметров – до 1,5 млн. км пробега [9,10]. Сегодня же превалирует стратегия, направленная на гарантированную надежность и замену системы SCR, двигателя или всего автотракторного средства по выработке ресурса [11]. Рассмотрим особенности конструкции и функционирования элементов системы SCR с целью обеспечения правильности их работы на длительные периоды эксплуатации, что и является целью настоящих исследований.

Материалы и методы. Практически все иностранные и отечественные машиностроительные заводы активно применяют систему SCR для дезактивации вредных отработавших газов. Рассмотрим особенности конструкции и функционирования элементов системы SCR для их анализа и формирования требований к последующей безотказной эксплуатации. Современная система SCR в английском переводе означает – селективное каталитическое восстановление. В предыдущих стандартах ЕВРО совершенствовались системы SCR по дезактивации компонентов отработавших газов, таких как: CO, CH, CO_2. В настоящее время, активно развиваются системы SCR по дезактивации NO_x. Высокие значения выбросов NO_x в основном связаны с ростом температуры реакций в камере сгорания двигателя. Однако, на выпуске дизельного двигателя в любом случае присутствуют оксиды азота, которые следует перерабатывать до безвредных компонентов: N_2 и H_2O. В большинстве конструкций систем SCR, направленных на дезактивацию NO_x, используется принцип активного распыления реагента – так называемой мочевины. Системы дезактивации компонента NO_x в отработавших газах называют – AdBlue. Они представляют собой сложный набор электронных, гидравлических, механических элементов, работающих в комбинации и выполняющих одну общую цель – дезактивацию NO_x. Для дезактивации NO_x непосредственно в проходящий на выпуске поток отработавших газов, впрыскивается реагент. Реакции преобразования NO_x происходят непрерывно, пропорция впрыскиваемого реагента определяется количеством проходящих отработавших газов и их скоростью. Обычно водный состав реагента состоит из 25-40% мочевины и оставшегося процентного содержания – 75-60% воды. Наличие воды в составе реагента определяет его склонность к замерзанию в зимнее время. Для северных районов это представляет собой значительную проблему. 5 литров реагента обычно хватает на 500…2500 км пробега, в зависимости от мощности автотракторного средства [12-15]. Обычно реагент для системы AdBlue продается в канистрах на заправках и специализированных магазинах (рисунок 1).



Рисунок 1 – Канистра с реагентом для системы AdBlue

Рекомендуется использовать только тот реагент AdBlue, который соответствует стандарту ISO 22241. Запрещается разбавлять реагент AdBlue или смешивать его с другим реагентом. Это может привести к неисправности системы избирательной каталитической нейтрализации. Перед запуском двигателя необходимо убедиться в том, что уровень реагента AdBlue в баке для мочевины достаточный. Если бак для мочевины пуст, то запуск двигателя будет органичен устройством запрета пуска двигателя системы избирательной каталитической нейтрализации.

Реагент AdBlue применяется только в технологии SCR в виде одного из компонентов химической реакции восстановления безвредного азота из его окислов, для уменьшения выбросов оксида азота в выхлопных газах двигателей внутреннего сгорания, работающих на дизельном топливе. Жидкость AdBlue заливают в специальную ёмкость (бак), объём которой в автомобилях варьируется от 5 до 35 литров. Как правило, ёмкость оснащена обогревателем, препятствующим замерзанию раствора мочевины на морозе кристаллизация наступает уже при температуре

минус 11 градусов по Цельсию. В процентном отношении к расходу дизельного топлива потребление AdBlue составляет от 6 до 10%.

Результаты. Рассмотрим ближе компоненты системы. Из оригинального технического руководства Fuso были отмечены электронные компоненты бака мочевины (рисунок 2).

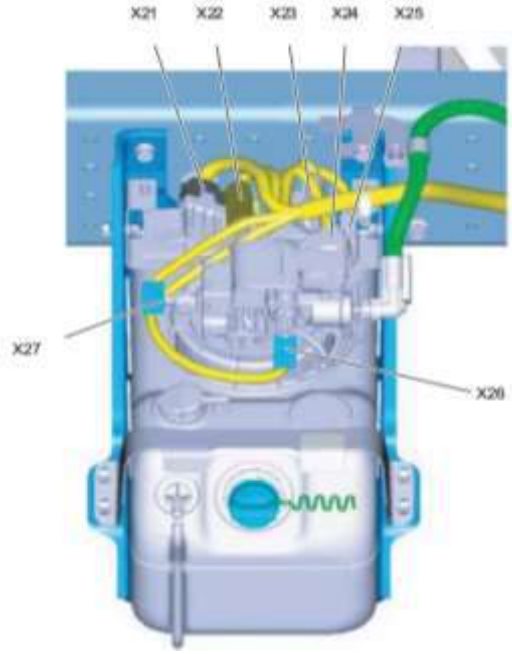


Рисунок 2 – Модуль бака BlueTEC

Рассмотрим эти элементы на рисунке 2: x21 блок питания подогревателя мочевины, x22 подогреватель трубопровода мочевины, x23 датчик температуры и подогреватель мочевины, x24 модуль подачи мочевины, x25 датчик уровня мочевины в баке, x26 датчик давления мочевины, x27 клапан возврата мочевины. Как видно из рисунка 2, на модуле бака BlueTEC размещено большое количество рабочих элементов, включая датчики и исполнительные устройства.

Одним из базовых элементов системы BlueTEC является бак AdBlue (рисунок 3), в котором хранится раствор мочевины.

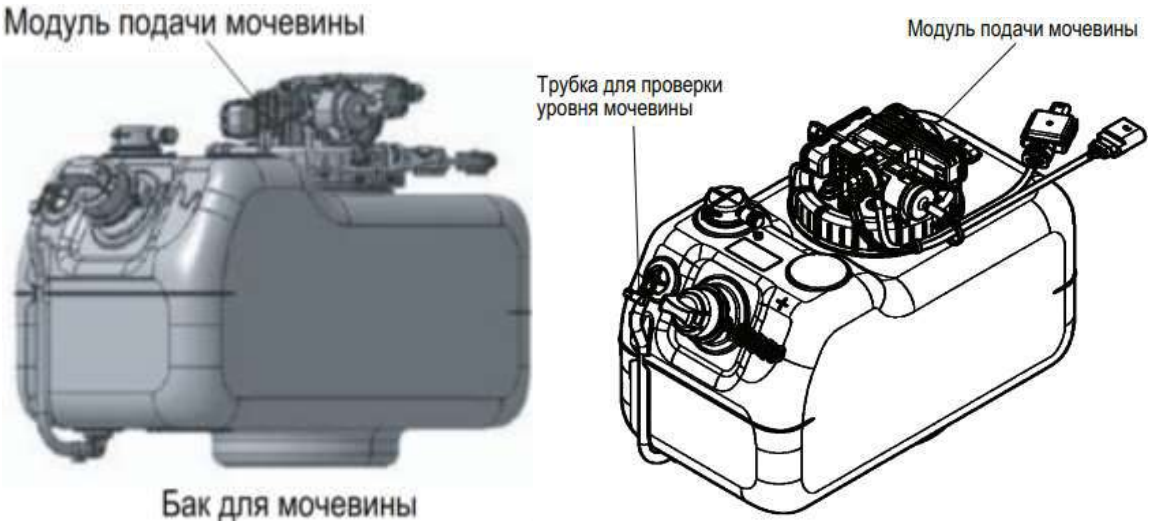


Рисунок 3 – Бак AdBlue

Заполнение бака происходит через горловину на корпусе (рис. 3). На баке расположена контрольная трубка уровня жидкости, позволяющая контролировать уровень при заливке жидкости, а также при необходимости через неё выполняется слив всего объема реагента из бака. Аналогичным образом может быть обеспечена промывка бака от загрязнителей.

На рисунке 4 показан процесс слива жидкости, рекомендуемый заводом изготовителем.

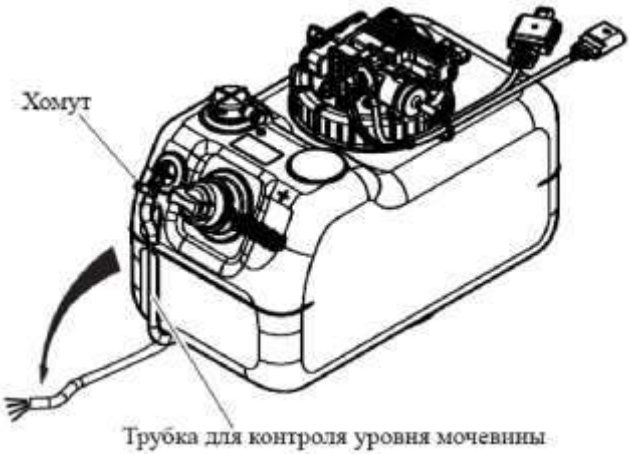


Рисунок 4 – Процесс слива раствора

Как видно из рисунка 4, для слива в некоторых критических ситуациях может быть использована нижняя дренажная трубка.

Основным питающим элементом системы BlueTEC является модуль насоса (рисунок 5).



Рисунок 5 – Насос системы AdBlue

Насос для подачи мочевины служит для нагнетания рабочего давления (5-6 бар) в магистрали системы. В своей конструкции насос системы AdBlue (рисунок 5) имеет датчики: датчик температуры мочевины, датчик уровня мочевины в баке, датчик давления мочевины. А также на корпусе насоса расположен клапан возврата мочевины. Важно в эксплуатации осуществлять непрерывный контроль работоспособности насоса.

Модуль насоса мочевины стыкуется с баком через одноразовые уплотнительные резинки (рисунок 6).



Рисунок 6 – Схема установки насоса

Через резиновые уплотнения не допускается подтекания реагента (рисунок 6). В случае обнаружения течей требуется их немедленная замена.

Трубопровод (рис. 7) представляет из себя трубку с двумя быстросъемными соединениями и элементом подогрева.



Рисунок 7 – Трубка подачи раствора

Максимальное давление, которое способна выдерживать трубка – более 20 бар. В эксплуатации необходимо обеспечить ее проходимость и непрерывность работы системы подогрева. В случае отказа элемента подогрева, возможно частое перемерзание трубки и проблемы подачи реагента. Для оперативного нахождения возникающих проблем трубка сделана в виде быстросъема. Порядок снятия быстросъёмного соединения показан на рисунке 8.

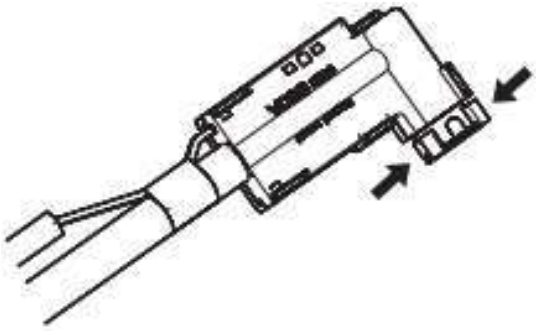


Рисунок 8 – Быстросъемное соединение

В случае обнаружения проблем, вызванных проходимостью трубки, ее легко можно отсоединить и произвести контроль проходимости.

Одним из наиважнейших элементов системы BlueTEC является дозирующий блок мочевины (рисунок 9).



Рисунок 9 – Процесс слива раствора

Дозирующий блок должен обеспечивать полную герметичность и непрерывность подачи реагента в промежуточную трубу системы BlueTEC (рис. 9). В случае неадекватной подачи реагента, дозирующий блок может быть проверен на предмет точности дозирования реагента при варьировании различных режимов.

Основой дозирующего блока выступает форсунка (рисунок 10).

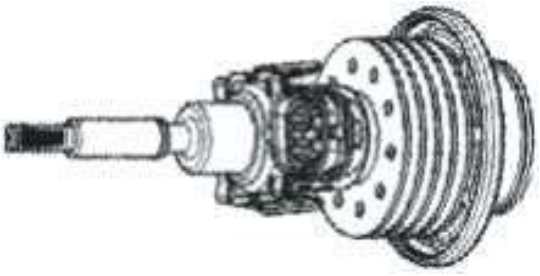


Рисунок 10 – Форсунка мочевины

Форсунка представляет собой прецизионный точный механизм (рис. 10). Она расположена в промежуточной трубе глушителя непосредственно перед каталитическим нейтрализатором системы SCR. В случае нарушения подачи реагента, форсунка может быть проверена на точность дозирования без ее снятия, так и со снятием на специальных проливочных стендах. Ее промывка может быть произведена в ультразвуковой ванне.

Глушитель SCR (рис. 11) является основным компонентом системы SCR.



Рисунок 11 – Глушитель SCR

В его основе лежит металлический корпус, который изготавливается из нержавеющей стали. На корпусе расположены места для установки датчиков. Выдерживает высокие температуры (до 600–700°C). Имеет входной и выходной патрубки для подключения к выхлопной системе. Внутри него находится сотовая структура из керамики, являющаяся носителем катализатора. Керамические соты – легкие и термостойкие. Активными каталитическими компонентами, нанесёнными на керамическую подложку, обычно являются оксиды: ванадия, молибдена, вольфрама, цеолита, церия. Чем больше количество сот на квадратный сантиметр, тем больше площадь контакта с отработавшими газами.

Кроме того, система BlueTEC имеет в своей конструкции датчики температуры выхлопных газов (ВГ) (рис. 12).



Рисунок 12 – Датчик температуры

Датчики температуры ВГ служат для определения температуры проходящего потока газов (рисунок 12). Их может быть установлено несколько в разных точках выпускного тракта. Чаще всего они бывают расположены перед каталитическим нейтрализатором SCR и после него. Контроль правильности работы датчиков температуры очень важен, т.к. правильная дозировка реагента напрямую зависит от точности измерения температуры ВГ.

Наиболее важным датчиком системы BlueTEC является датчик контроля оксида азота (рисунок 13).



Рисунок 13 – Датчик NO_x

Датчик контроля NO_x устанавливается в глушитель после системы SCR. Он оценивает эффективность работы всей системы BlueTEC. Также обеспечивает обратную связь при непосредственном активном обмене с электронным блоком управления двигателем. Его неисправность приводит к отказу всей системы BlueTEC и последующей работе по аварийному алгоритму. Контроль технического состояния датчика NO_x должен осуществляться непрерывно. Так, например, расчет количества выбросов NO_x двигателя выполняется в зависимости от текущей частоты вращения коленчатого вала двигателя и нагрузки на двигатель при стандартных условиях. Базовое количество выбросов NO_x затем корректируется в зависимости от отклонений (от стандартных условий), определенных следующими датчиками: температуры охлаждающей жидкости двигателя; абсолютного давления и температура во впускном коллекторе; давления топлива в двигателе с электронной системой впрыска высокого давления; запуска впрыска топлива; влажности рециркуляции отработавших газов (в зависимости от датчика влажности); датчик NO_x.

В случае неисправности любого из вышеуказанных датчиков расчет NO_x выполняется по номинальным значениям. Рассчитанное числовое значение реагента системы AdBlue затем передается из электронного блока управления двигателя в модуль насоса, который осуществляет впрыск реагента в системе AdBlue.

Выводы: Анализ конструкции современных автотракторных средств показывает на наличие многочисленных электронных систем, целью установки которых является прецизионное управление экологическими параметрами выхлопных газов. Соответствие стандартам ЕВРО-6 и ЕВРО-7 требует обязательной установки системы BlueTEC. Данная система включает в себя большое количество элементов, подверженных изменениям в процессе эксплуатации. Их единичная надежность объединяется в общую надежность системы BlueTEC, которая в значительной степени зависит от эксплуатационных факторов. Возникает необходимость обеспечения высокой надежности системы BlueTEC в эксплуатационных условиях. С этой целью предлагается тестовый контроль технического состояния отдельных элементов системы BlueTEC. В случае применения в условиях холодного климата – программно может быть предусмотрен вариант перепрошивки электронного блока управления под исключение функционирования некоторых элементов системы BlueTEC. Полученные результаты могут быть полезны специалистам в области диагностирования и контроля технического состояния систем современных автотракторных средств.

Список литературы

1. Гапонов В.Л., Бадалян Л.Х., Курдюков В.Н., Куренкова Т.Н. Современные методы снижения вредных выбросов с отработавшими газами автотранспорта // Технологии техносферной безопасности. – 2008. – № 6(22). – С. 8.

2. Коротких Ю.С. Экологический стандарт Евро-6 в Европе и России // Управление рисками в АПК. – 2016. – № 1. – С. 34-40.

3. Феоктистов О.Г., Короткова Е.С., Усольцева Е.П., Касумова А.А. Экономическая непривлекательность принятия стандарта Евро-6 для Российской Федерации // Экономика и предпринимательство. – 2017. – № 11(88). – С. 121-127.

4. Козлов А.В., Теренченко А.С., Васильев А.В. Анализ экологических требований «Евро-6» к автомобильным двигателям // Журнал автомобильных инженеров. – 2017. – № 3(104). – С. 40-46.

5. Бразовский В.В., Кашкаров Г.М., Титов Д.Н. Метод исследования каталитического нейтрализатора // Ползуновский вестник. – 2009. – № 1-2. – С. 192-198.

6. Айрбабамян С.А., Калабухов Г.И. Противодавление в глушителях шума выпуска автомобилей // Транспорт на альтернативном топливе. – 2011. – № 5(23). – С. 62-64.

7. Лешаков И.А., Кравченко И.Н., Ерофеев М.Н. Математическая модель расчета основных параметров каталитических нейтрализаторов // Современные наукоемкие технологии. – 2013. – № 5. – С. 76-80.

8. Кудряшова Е.Ю., Горбунова С.В. Соответствие очистки отработавших газов каталитическими нейтрализаторами установленным нормативам загрязнения воздуха // Труды ГОСНИТИ. – 2018. – Т. 132. – С. 109-113.

9. Кузнецов А.Н. Определение эффективности глушителей шума активного типа // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2015. – № 4(47). – С. 145-153.

10. Стариков А.П., Касьян Н.С. Эффективное использование отходов тепла и когенерация // Омский научный вестник – 2014. - № 3(133). – С. 173-175.

11. Валиев М.Ш., Косимов Х.Р. О контроле температуры отработавших газов дизеля в эксплуатации // Universum: технические науки. – 2020. – № 1 (78). – С. 99-103.

12. Wang Y., Yu Z., Jin M., Mao J. Decisions and Coordination of Retailer-Led Low-Carbon Supply Chain under AltruisticPreference // Eur. J. Oper. Res. – 2021. – № 293. – P. 910–925.

13. Bi G., Cao Q., Lyu J. Research on pricing and return strategy of dual-channel retailers considering cross channel returns // Oper.Res. Manag. Sci. – 2023. – № 32. – P. 92–98.

14. Wang Y.K., Xu W.F. Retailer dual-channel supply chain pricing considering service level // Logist. Technol. – 2023. – № 42. – P. 103–106.

15. Gritsenko A., Shepelev V., Zadorozhnaya E. et al. The advancement of the methods of vibro-acoustic control of the ICE gas distribution mechanism // FME Transactions. – 2020. – Vol. 48, № 1. – P. 127-136.

References

1. Gaponov V.L., Badalyan L.Kh., Kurdyukov V.N., Kurenkova T.N. Modern methods for reducing harmful emissions from vehicle exhaust gases // Technosphere Safety Technologies. – 2008. – No. 6(22). – P. 8.

2. Korotkikh Yu.S. Environmental standard Euro-6 in Europe and Russia // Risk management in the agro-industrial complex. – 2016. – No. 1. – P. 34-40.

3. Feoktistov O.G., Korotkova E.S., Usoltseva E.P., Kasumova A.A. Economic unattractiveness of adopting the Euro-6 standard for the Russian Federation // Economics and Entrepreneurship. – 2017. – No. 11(88). – pp. 121-127.

4. Kozlov A.V., Terenchenko A.S., Vasilyev A.V. Analysis of Euro-6 environmental requirements for automobile engines // Journal of Automotive Engineers. – 2017. – No. 3(104). – pp. 40-46.

5. Brazovsky V.V., Kashkarov G.M., Titov D.N. Method for studying a catalytic converter // Polzunovsky Bulletin. – 2009. – No. 1-2. – pp. 192-198.

6. Airbabamyan S.A., Kalabukhov G.I. Backpressure in car exhaust silencers // Transport on alternative fuel. – 2011. – No. 5(23). – pp. 62-64.

7. Leshakov I.A., Kravchenko I.N., Erofeev M.N. Mathematical model for calculating the main parameters of catalytic converters // Modern science-intensive technologies. – 2013. – No. 5. – P. 76-80.

8. Kudryashova E.Yu., Gorbunova S.V. Compliance of exhaust gas purification with catalytic converters to established air pollution standards // Proceedings of GOSNITI. – 2018. – T. 132. – P. 109-113.

9. Kuznetsov A.N. Determination of the effectiveness of active noise suppressors // Bulletin of the Voronezh State Agrarian University. – 2015. – No. 4(47). – pp. 145-153.

10. Starikov A.P., Kasyan N.S. Efficient use of waste heat and cogeneration // Omsk Scientific Bulletin - 2014. - No. 3 (133). – pp. 173-175.

11. Valiev M.Sh., Kosimov H.R. On monitoring the temperature of diesel exhaust gases in operation // Universum: technical sciences. – 2020. – No. 1 (78). – pp. 99-103.

12. Wang Y., Yu Z., Jin M., Mao J. Decisions and Coordination of Retailer-Led Low-Carbon Supply Chain under Altruistic Preference // Eur. J. Oper. Res. – 2021. – No. 293. – P. 910–925.

13. Bi G., Cao Q., Lyu J. Research on pricing and return strategy of dual-channel retailers considering cross channel returns // Oper.Res. Manag. Sci. – 2023. – No. 32. – P. 92–98.

14. Wang Y.K., Xu W.F. Retailer dual-channel supply chain pricing considering service level // Logist. Technol. – 2023. – No. 42. – P. 103–106.

15. Gritsenko A., Shepelev V., Zadorozhnaya E. et al. The advancement of the methods of vibro-acoustic control of the ICE gas distribution mechanism // FME Transactions. – 2020. – Vol. 48, No. 1. – P. 127-136.

10.52671/26867591_2026_1_243
УДК 664.8.038

БИОХИМИЧЕСКИЕ И ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ ПРИ ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКЕ

ИБРАГИМОВА Л. Р., канд. техн. наук, доцент
ФГБОУ ВО Дагестанский государственный технический университет, г. Махачкала, Россия

BIOCHEMICAL AND ORGANOLEPTIC CHANGES IN PLANT RAW MATERIALS DURING HEAT TREATMENT

IBRAGIMOVA L. R., Candidate of Technical Sciences , Associate Professor
Dagestan State Technical University, Makhachkala, Russia

Аннотация. В работе рассматриваются вопросы, связанные с процессами изменения биохимических и органолептических показателей растительного сырья при технологической обработке и последующего хранения готовой продукции. В процессе консервирования плодов и овощей сырье и полуфабрикаты

подвергают различным видам обработки: механической, физической и термической. Все воздействия, даже кратковременные, могут вызывать глубокие биохимические изменения, сказывающиеся не только на внешнем виде, но и на пищевой и биологической ценности консервов. При этом часто изменяется природный цвет плодов и овощей, их аромат, вкус и другие показатели потребительской ценности продукции. Наиболее значительные изменения в пищевом сырье происходят на стадии тепловой обработки по содержанию витаминов, минеральных веществ, ароматических соединений, красителей и органических кислот. При консервировании важную роль играет объем незаполненного продуктом пространства в банках, так как оставшийся кислород не только способствует окислению оксилабильных веществ, но и приводит к возникновению коррозии металлической тары в процессе стерилизации и дальнейшего хранения. По результатам проведенных исследований установлено, что применение для фасовки консервов тары «дышащего» типа позволяет осуществить совмещение в одном процессе и пастеризации и эксгаустирования, что создает вакуум в банке после охлаждения, способствующий значительному уменьшению окислительных процессов в продукте. При этом гораздо лучше сохраняются витамины, ароматические и красящие соединения.

Ключевые слова: исследование, качество, «дышащий» затвор, самоэксгаустирование, биохимические показатели, окислительные процессы, бланширование, деаэрация, давление.

Abstract. *The paper examines issues related to the processes of changing the biochemical and organoleptic properties of plant raw materials during technological processing and subsequent storage of finished products. In the process of preserving fruits and vegetables, raw materials and semi-finished products undergo various types of processing: mechanical, physical and thermal. All exposures, even short-term ones, can cause profound biochemical changes that affect not only the appearance but also the nutritional and biological value of canned food. This often changes the natural color, aroma, taste, and other indicators of consumer value of fruits and vegetables. The most significant changes in food raw materials occur at the stage of heat treatment in terms of the content of vitamins, minerals, aromatic compounds, dyes and organic acids. When preserving food, the amount of space in jars that is not filled with the product plays an important role, since the remaining oxygen not only promotes the oxidation of oxylabile substances, but also leads to corrosion of the metal container during sterilization and subsequent storage. The results of the conducted research showed that the use of "breathing" containers for packaging canned goods allows for the combination of pasteurization and exhaustion in a single process, which creates a vacuum in the can after cooling, contributing to a significant reduction in oxidative processes in the product. At the same time, vitamins, aromatic and coloring compounds are preserved much better.*

Keywords: *research, quality, "breathing" seal, self-exhausting, biochemical indicators, oxidative processes, blanching, deaeration, pressure.*

Введение. В процессе технологической обработки и хранения растительного и животного сырья его пищевая ценность может значительно изменяться. Технологическая обработка оказывает как положительное, так и отрицательное влияние на пищевую ценность готового продукта, поскольку при этом изменениям подвергаются биохимические показатели продукта. Изменения могут происходить по содержанию витаминов, белков, углеводов, жиров, минеральных и органических кислот и др. Наиболее глубокие изменения компонентов сырья происходят при его тепловой обработке. Потери основных биологически ценных компонентов питания могут достигать в зависимости от жесткости режимов тепловой обработки следующих величин: белка – 5-20%, полиненасыщенных жирных кислот липидов – 10-30%, водорастворимых витаминов – 30-70% [1].

Значительные потери витаминов происходят не только при тепловой обработке, но и в дальнейшем при хранении готового продукта в результате окислительных процессов, провоцируемых остаточным кислородом воздуха в банке. Особенно это касается нестойкого витамина С. Термин «витамин С» включает в себя аскорбиновую кислоту (АК) и дегидроаскорбиновую кислоту (ДГАК). Вторая форма легко и необратимо окисляется в присутствии кислорода. Термическая деградация его не настолько значительна, как разрушение вследствие действия кислорода, поэтому высушенные на солнце плоды и овощи почти не содержат витамина С. При консервировании важную роль играет объем незаполненного продуктом пространства в банках, так как оставшийся кислород не только способствует окислению оксилабильных веществ, но и способствует возникновению коррозии металлической тары в процессе стерилизации и дальнейшего хранения. Если в продукте содержатся антоцианы, то потери витамина С увеличиваются, что приводит к ухудшению и цвета продукта. Так например, земляника суммарно теряет 40-60% витамина С в процессе консервирования и хранения в течение 4-х месяцев [2].

В консервировании для снижения содержания воздуха в продукте или удаления его из банки перед герметизацией применяют процесс эксгаустирования (деаэрации), осуществляемый тепловым или механическим способами. Для практического осуществления эксгаустирования применяют аппараты инфракрасного излучения, позволяющие прогреть поверхностный горизонтальный слой продукта («зеркало»), а не весь продукт в объеме банки. Этого достаточно, чтобы выделяющиеся при этом водяные пары вытеснили воздух из паровоздушного пространства тары.

Механическое эксгаустирование заключается в отсасывании воздуха из банки с помощью вакуум-насоса, но такой способ обработки можно применять к весьма ограниченному числу продуктов, так как он

сопровождается явлением их «вакуумного расширения» и явлением «вакуумного поглощения». Несмотря на некоторые достоинства, оба эти способа не решают полностью проблему удаления воздуха из тары, так как в консервах гетерогенного состава значительное количество воздуха остается в глубине продукта, в межклеточных ходах, как например, в косточковых плодах, что весьма осложняет процесс стерилизации консервов в таре типа СКО, требуя применения противодавления во избежание срыва крышек [1,9].

Необходимость эксгаустирования продукта до укупоривания и стерилизации отпадает при использовании для фасовки тары «дышащего» типа, снабженной обратным клапаном. Клапаном служит затвор, образованный крышкой и горловиной банки или элементами крышки. При стерилизации консервов в таре «дышащего» типа происходит стравливание воздуха, находящегося в продукте и в паровоздушном пространстве над ним. После охлаждения консервов в банке образуется разрежение. Глубина вакуума в самоэксгаустируемой таре находится в пределах 0,025 - 0,065 МПа и, в отличие от обычной тары зависит в основном от режима стерилизации. Самоэксгаустирование имеет много преимуществ над другими видами эксгаустирования: исключаются потери тепла и снижение температуры паровоздушного пространства между эксгаустером и закаткой, как это неизбежно происходит после обычных тепловых эксгаустеров за счет совмещения процессов. Для осуществления способа не требуется никакого специального оборудования.

Цель исследований – определение биохимических и органолептических изменений, происходящих в растительном сырье при тепловой обработке и последующем хранении готовой продукции в таре «дышащего» типа.

Методы исследований

Для исследования биохимических и органолептических изменений оксилабильных веществ в растительном сырье, происходящих при технологической обработке в консервах, пастеризованных в «дышащей» таре были выбраны фрукты и овощи, отличающиеся значительным содержанием воздуха и аскорбиновой кислоты – болгарский перец, огурцы, вишня, абрикосы, яблоки, айва [10, 11]. Кроме того опыты проводили на модельных средах – водном растворе витамина С. Содержание витамина С определяли по ГОСТ 24556-89 сначала в исходном сырье и затем после стерилизации продукции в следующем порядке: сразу после охлаждения, через сутки, 1,3,6,9,12 месяцев хранения. Контролем служили консервы в обычной таре.

pH продукта определялась лабораторным pH-метром, милливольтметром по стандарту.

Измерение температуры продукта и теплоносителя в лабораторных условиях производили термоэлектрическим способом хромель-копелевыми термопарами по компенсационной схеме с помощью потенциометра.

Для измерения давления нами был выбран мембранно-компенсационный метод, а в качестве датчика давления использовали мембранный блок с гофрированной мембраной, обладающий высокой чувствительностью и постоянством нуля.

Для измерения содержания воздуха в плодах и овощах использовали устройство, состоящее из вакуум-сосуда, вакуум-насоса, соединенного с вакуумметром, полых колпаков, эвдиометра для отбора проб газов, жидкостного манометра, соединенных сетью переходных трубок.

Для определения содержания ароматических веществ применяли метод экстракции серным эфиром, полученный экстракт хроматографировали на газовом хроматографе (газ-носитель-гелий, скорость 30 мл/мин, температура испарителя 350ºС, объем пробы 3 мл) [8].

На начальном этапе исследования определяли содержание воздуха в исходном сырье, а затем степень удаления его из продукта при стерилизации и в контрольных образцах, расфасованных в обычную стеклянную тару. В работах, посвященных изучению тары, работающей по принципу обратного клапана, отмечается отрицательная сторона довольно высокого вакуума, образующегося в банке после тепловой обработки и вызывающего усадку уровня содержимого в банке после вскрытия и «съеживание» плодов [4, 10]. Это вызывается тем, что воздух, заполняющий полости и межклеточные ходы внутри плодов при эксгаустировании, стремится расшириться и растягивает изнутри ткань плода, вызывая ее разрыхление и разрыв, вытесняет заливу при стерилизации. Вакуум, образующийся в банке при охлаждении, усугубляет опасность разрыва и размягчения плодов, т.к. с охлаждением возрастает разность давления, действующая на плод изнутри. Продукт, находящийся в разреженной атмосфере, увеличивается в объеме (вследствие расширения оставшегося воздуха, содержащегося в межклеточных ходах и раздувающего, таким образом, плоды). После вскрытия такой банки потребителем давление в ней сравнивается с наружным, плоды «съеживаются» и уровень содержимого опускается, часто на довольно значительную величину - до 1/3 в объеме [4,5].

Поэтому нами также исследовалось влияние процесса самоэксгаустирования на консистенцию плодов. Такое явление наблюдалось и нами во время испытаний различных типов «дышащих» крышек на консервном заводе. Необходимо, однако, отметить, что подобные явления наблюдаются лишь для определенных видов или сортов сырья, особенно богатого воздухом или имеющего тонкую кожицу - некоторых сортов яблок, слив [6,7].

В связи с этим нам представлялось интересным исследовать влияние самоэксгаустирования плодов на консистенцию и внешний вид консервов, стерилизованных в «дышащей» таре типа «Еврокап».

Так, в частности, З.А. Мархи и другие отмечают, что компот из яблок в самовакуумирующих банках, приготовленный без соответствующей обработки, часто представляет собой «разрыхленные», вздутые, почти бесформенные куски яблок в мутном сиропе.

При испытаниях опытной «дышащей» тары таких глубоких изменений консистенции продукта не наблюдалось вообще, а происходило лишь небольшое размягчение мякоти долек яблок сорта Мантуанер (содержание воздуха до 38 мл/100 г). Сорт яблок Ренет Симиренко вообще не давал никакого изменения консистенции по сравнению с автоклавными образцами (содержание воздуха до 25 мл/100 г).

Пря выработке компотов из слив и яблок в обычной таре технологической инструкцией предусматривается 4-5 видов предварительной обработки плодов в зависимости от особенностей сорта и степени зрелости. То есть получить компот хорошего качества трудно и в обычных условиях.

Для повышения сопротивляемости плодовой ткани внутреннему давлению, следовало в предварительных обработках осуществить максимальное удаление находящегося в ней воздуха, облегчить ему путь для свободного выхода и несколько уплотнить плоды [2,3].

Результаты исследований

В процессе эксперимента сырье подвергали различной предварительной обработке: по действующим технологическим инструкциям (бланширование в воде при температурах 50-80°С или паром, в сахарном сиропе 30-50% концентрации при температурах 50-70°С и др.) а также по режимам, предлагаемым в работах и затем проверяли в них остаточное содержание воздуха.

Известные приборы, предназначенные для определения консистенции плодов по величине усилия, необходимого для прокола их стержнем, не обладают высокой точностью. Применение их для определения консистенции плодов после стерилизации (особенно вишни, слив, абрикосов) было неэффективно. Поэтому оценку консистенции плодов в готовом компоте проводили визуально.

Эксперимент показал, что способ предварительной обработки консервов, стерилизуемых в опытной таре, имеет значение для абрикосов, слив и яблок. Компоты из черешни, вишен и айвы, приготовленные по действующим инструкциям, имели хороший товарный вид, никаких отклонений от консистенции плодов в контрольных образцах не было.

Некоторые приемы предварительной обработки, предлагающиеся технологическими инструкциями, помогают смягчить мякоть и уменьшить содержание воздуха в ней. Однако в плодах, бланшированных по этим режимам, особенно в яблоках, остается значительное количество газов. Остаточное содержание газов в яблоках колеблется в пределах 7,8-16 мл/100 г. Поэтому для этих видов плодов из нескольких режимов предварительной обработки, как и для компотов в самовакуумирующих банках, предпочтительными оказались следующие:

- для слив является ступенчатое бланширование в воде или паром в три приема по 20 секунд с охлаждением после каждого приема (один из видов обработки по действующей инструкции);
- для абрикосов – бланширование в 20-30%-ном сахарном сиропе при 50ºС в течение 3-5 минут;
- для яблок – вакуумирование в течение 5 минут в сахарном сиропе 15-20%-ной концентрации, либо 4-х минутная бланшировка в 30%-ном сахарном сиропе при температуре 80-85ºС с последующим погружением в холодный сироп (один из видов обработки по действующей инструкции).

Компоты, изготовленные по такой технологии, имеют хороший товарный вид. Плоды насыщены сиропом, прекрасно сохраняют форму, вкус и консистенцию.

Результаты определения количества воздуха в различных продуктах (в твердой фазе), консервированных в обычной и опытной таре, представлены в табл. 1.

Таблица 1 - Эффективность деаэрации продуктов при тепловой обработке в «дышащей» таре

Наименование продуктов	Остаточное содержание воздуха и вакуум в таре							
	в исходном сырье		в самоэксгаустируе-мой таре			в контрольной таре		
	мл/100 г	%	мл/100 г	%	W	мл/100 г	%	W
Вишня								
образец № 1	4,20	100	0,60	14,20	0,52	3,76	89,64	0,15
образец № 2	3,15	100	0,68	21,51	0,46	2,88	91,40	0,16
образец № 3	2,70	100	1,05	38,90	0,28	2,49	92,30	0,10
Абрикосы								
образец № 1	7,16	100	1,37	19,13	0,52	6,65	92,87	0,13
образец № 2	9,56	100	1,45	15,46	0,55	6,43	67,25	0,18
образец № 3	7,10	100	1,25	17,60	0,54	5,87	82,67	0,14
Яблоки								
образец № 1	36,50	100	16,68	45,75	0,58	27,50	72,97	0,10
образец № 2	35,40	100	15,00	42,37	0,58	23,50	66,40	0,15
образец № 3	38,30	100	15,30	39,94	0,59	28,90	75,50	0,09
Огурцы								
образец № 1	6,80	100	0,97	14,26	0,60	4,10	60,30	0,20
образец № 2	9,48	100	2,30	24,26	0,47	5,79	61,10	0,18
образец № 3	9,24	100	1,98	21,42	0,50	5,80	62,77	0,18

Остаточное давление в сосуде – 3,33 кПа;

Время вакуумирования – 5 - 10 минут

Исследования показывают, что в процессе самоэксгаустирования из большинства плодов удаляется 80-90% находившегося там воздуха, из яблок до 60% (так как здесь воздуха в разы больше, чем в других плодах).

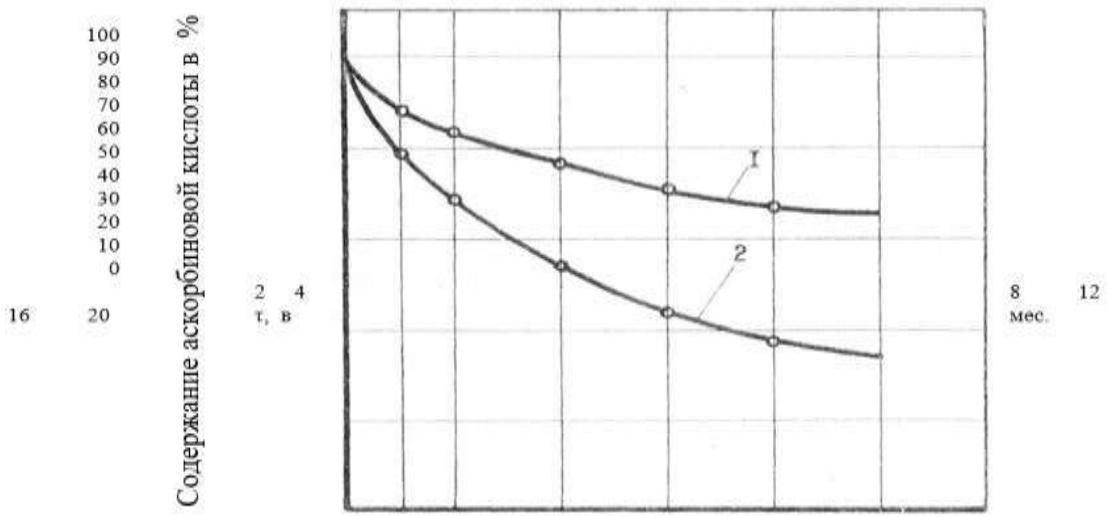


Рисунок 1 - Изменение содержания аскорбиновой кислоты в консервах «Перец сладкий натуральный» в «дышащей» таре при хранении (1 - в «дышащей» таре; 2 - в обычной таре)

Определение содержания аскорбиновой кислоты производили методом титрования солянокислой вытяжки краской 2,6-дихлорфенолиндофенол [8]. Из представленного на рис. 1 графика видно, что в консервах, укупоренных «дышащими» крышками, витамин С сохраняется гораздо лучше, причем разница в содержании его в продукте увеличивается со временем хранения и доходит до 40%.

С течением времени благодаря снижению окислительных процессов, витамина С в них становится даже больше, чем в контрольных образцах. Поскольку аскорбиновая кислота (АК) обладает хорошими антиоксидантными и стабилизирующими свойствами, то лучше сохраняется и натуральная окраска плодов. Потери массы продукта за счет стравливания паровоздушной смеси при стерилизации ничтожно малы.

Выводы. В процессе самоэксгаустирования из большинства плодов удаляется до 80-90% находившегося там воздуха, из яблок до 60%. Глубина вакуума в «дышащей» таре находится в пределах 0,025 – 0,065 МПа и, в отличие от обычной тары, зависит в основном от температуры стерилизации и не зависит от условий фасовки продукта.

Качество консервов в самоэксгаустируемой таре, как правило, лучше по всем параметрам, чем в консервах, приготовленных в обычной таре. Гораздо лучше сохраняется витамин С, причем разница в содержании его в продукте увеличивается со временем хранения и доходит до 20-40%. Также лучше сохраняется и натуральная окраска плодов.

Потери летучих веществ при самоэксгаустировании консервов незначительны и находятся в пределах 1,1-3,0%. Активная кислотность в продукте практически не изменяется. С течением времени, благодаря отсутствию кислорода, содержание ароматических соединений в экспериментальных образцах становится даже больше, чем в контрольных.

Совмещение в одном процессе пастеризации и эксгаустирования с помощью применения самоэксгаустируемой тары позволяет осуществлять пастеризацию консервов в непрерывно-действующих аппаратах открытого типа, сократить режимы пастеризации консервов в стеклянной таре на 20-25%, организовать поточное производство и получить экономический эффект.

Список литературы

1.Бараненко А.В., Кременевская М.И., Бурова Т.Е. Биохимические основы термической обработки продуктов питания: учебник для вузов. – СПб: ГИОРД, 2023. – 272 с. – ISBN 978-5-98879-228-4 [Электронный ресурс]. URL: https://rucont.ru/efd/867111 (дата обращения: 31.01.2026)

2.Винницкая В.Ф., Данилин С.И., Перфилова О.В. Перспективы развития производства основных видов плодоовощной продукции для полноценного и здорового питания//Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. – 2014. – № 2. – С.45-50.

3.Ибрагимова Л.Р., Исригова Т.А., Исламов М.Н. Производство консервированных продуктов из

дикорастущего сырья // Проблемы развития АПК региона. – 2019. – № 2 (35). – С.276-280

4.Ибрагимова Л.Р., Гаммацаев К.Р., Темирханова З.М. Исследование условий снижения окислительных процессов в консервах. – Совершенствование технологических процессов в пищевой, легкой и химической индустрии: сб. науч. тр. преподавателей, сотрудников, аспирантов и студентов ТФ ДГТУ. - Махачкала: ДГТУ, 2010. – Вып. 3. – С.36-39.

5.Ибрагимова Л.Р. Влияние эксгаустирования на качество консервированного продукта // Вестник ДГТУ. Технические науки. – 2007. – №9. – С.134-138.

6. Мильчакова, А.В. Консервирование продукции растениеводства: учеб. пособие для студентов, обучающихся по направлению «Технология производства и переработки с.-х. продукции». – Ижевск : ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2021. – 88 с [Электронный ресурс]. URL: https://rucont.ru/efd/809439 (дата обращения: 31.01.2026)

7. Машанов А.И., Матюшев В.В., Величко Н.А. Основы консервирования пищевых продуктов: учеб. пособие. – Красноярск: КрасГАУ, 2019. – 271 с.: ил [Электронный ресурс]. URL: https://rucont.ru/efd/814986 (дата обращения: 31.01.2026)

8.Плотникова Т.В., Позняковский В.М., Ларина Т.В. Экспертиза свежих плодов и овощей: учеб. пособие /под ред. В.М. Позняковского. – Новосибирск: Сиб. Унив. Изд-во, 2011. – 258 с.

9.Прокушева Е. А. Современные требования к количественному и качественному составу пищевых продуктов // Пищевая промышленность. – 2011. – № 8. – С. 8-10

10.Степанова Н.Ю., Марченко В.И., Богатырев А.Н. Биохимические основы переработки и хранения сырья растительного происхождения. – СПб.: ГИОРД, 2017. – 312с.

11.Тимофеева В.Н. Технология консервирования фруктов и овощей:учебное пособие. – Минск: Вышэйшая школа, 2021. - 303 с. – ISBN 978-985-06-3341-5 [Электронный ресурс]. URL: https://e.lanbook.com/book/193737 (дата обращения: 03.02.2026).

12.Ильина Г. В., Ильин Д. Ю. Основы биотехнологии переработки сельскохозяйственной продукции. – Пенза: РИО ПГСХА, 2016.

13. Varma M.N., Kannan A. CFD studies on natural convective heating of canned food in conical and cylindrical containers. Journal of Food Engineering. 2006, no. 77, pp. 1024–1036.

14. Augusto P.E.D., Cristianini M. Computational fluid dynamics evaluation of liquid food thermal process in a brick shaped package. Ciênc. Tecnol. Aliment. 2012, V. 32, Is. 1, pp. 134–141.

15. Kızıltaş S., Erdogdu F., Palazoğlu T.K. Simulation of heat transfer for solid–liquid food mixtures in cans and model validation under pasteurization conditions. Journal of Food Engineering. 2010, V. 97, Is. 4, pp. 449–456

16. Abdul Ghani A.G., Farid M.M., Chen X.D., Richards P. An investigation of deactivation of bacteria in a canned liquid food during sterilization using computational fluid dynamics (CFD). Journal of Food Engineering. 1999, V. 42, pp. 207–214.

References

1.Baranenko A.V., Kremenevskaya M.I., Burova T.E. Biochemical foundations of thermal processing of food: a textbook for universities. – St. Petersburg: GIORD, 2023. – 272 p. – ISBN 978-5-98879-228-4 [Electronic resource]. URL: https://rucont.ru/efd/867111 (access date: 01/31/2026)

2.Vinnitskaya V.F., Danilin S.I., Perfilova O.V. Prospects for the development of production of the main types of fruits and vegetables for a nutritious and healthy diet // Technologies of the food and processing industry of the agro-industrial complex - healthy food products. – 2014. – No. 2. – P.45-50.

3. Ibragimova L.R., Isrigova T.A., Islamov M.N. Production of canned products from wild-growing raw materials // Problems of development of the regional agro-industrial complex. – 2019. – No. 2 (35). – P.276-280

4.Ibragimova L.R., Gammatsaev K.R., Temirkhanova Z.M. Study of conditions for reducing oxidative processes in canned food. – Improving technological processes in the food, light and chemical industries: a collection of scientific works of teachers, staff, graduate students and students of the TF DSTU. - Makhachkala: DSTU, 2010. – Issue. 3. – P.36-39.

5.Ibragimova L.R. The influence of exhaustion on the quality of a canned product // Bulletin of DSTU. Technical Sciences. – 2007. – No. 9. – P.134-138.

6. Milchakova, A.V. Canning of crop products: textbook. a manual for students studying in the direction of "Technology of production and processing of agricultural products". products". – Izhevsk: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Izhevsk State Agricultural Academy, 2021. – 88 p. [Electronic resource]. URL: https://rucont.ru/efd/809439 (access date: 01/31/2026)

7. Mashanov A.I., Matyushev V.V., Velichko N.A. Fundamentals of food preservation: textbook. allowance. – Krasnoyarsk: KrasGAU, 2019. – 271 p.: ill [Electronic resource]. URL: https://rucont.ru/efd/814986 (access date: 01/31/2026)

8. Plotnikova T.V., Poznyakovsky V.M., Larina T.V. Examination of fresh fruits and vegetables: textbook. manual / ed. V.M. Poznyakovsky. – Novosibirsk: Sib. Univ. Publishing house, 2011. – 258 p.

9. Prokusheva E. A. Modern requirements for the quantitative and qualitative composition of food products // Food Industry. – 2011. – No. 8. – P. 8-10

10. Stepanova N.Yu., Marchenko V.I., Bogatyrev A.N. Biochemical basis of processing and storage of raw materials of plant origin. – SPb.: GIORD, 2017. – 312 p.

11. Timofeeva V.N. Technology of canning fruits and vegetables: tutorial. – Minsk: Higher School, 2021. - 303 p. –

ISBN 978-985-06-3341-5 [Electronic resource]. URL: https://e.lanbook.com/book/193737 (access date: 02/03/2026).

12.Ilyina G.V., Ilyin D.Yu. Fundamentals of biotechnology for processing agricultural products. – Penza: RIO PGSHA, 2016.

13. Varma M.N., Kannan A. CFD studies on natural convective heating of canned food in conical and cylindrical containers. Journal of Food Engineering. 2006, no. 77, pp. 1024–1036.

14. Augusto P.E.D., Cristianini M. Computational fluid dynamics evaluation of liquid food thermal process in a brick shaped package. Ciênc. Tecnol. Aliment. 2012, V. 32, Is. 1, pp. 134–141.

15. Kızıltaş S., Erdogdu F., Palazoğlu T.K. Simulation of heat transfer for solid–liquid food mixtures in cans and model validation under pasteurization conditions. Journal of Food Engineering. 2010, V. 97, Is. 4, pp. 449–456

16. Abdul Ghani A.G., Farid M.M., Chen X.D., Richards P. An investigation of deactivation of bacteria in a canned liquid food during sterilization using computational fluid dynamics (CFD). Journal of Food Engineering. 1999, V. 42, pp. 207–214.

10.52671/26867591_2026_1_249
УДК 631.12:66.912

ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА САХАРОСОДЕРЖАЩЕЙ ПРОДУКЦИИ В ПИТАНИИ ДЕТЕЙ

ИБРАГИМОВА Л. Р., канд. техн. наук, доцент
ФГБОУ ВО Дагестанский государственный технический университет, г. Махачкала, Россия

OPTIMIZING THE COMPOSITION OF SUGARS-CONTAINING PRODUCTS IN CHILDREN'S NUTRITION

IBRAGIMOVA L. R., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Dagestan State Technical University, Makhachkala, Russia

Аннотация. В работе рассматриваются вопросы, связанные с оптимизацией состава и рецептур сахаросодержащей продукции в дошкольном питании и питании школьников. Исследование фактического питания детей в детских садах показывает значительное превышение в меню по содержанию добавленного сахара от норм, рекомендуемых ВОЗ и СанПиН 2.3/2.4.3590-20. В совокупности с другими недостатками рационов питания данные особенности могут стать факторами риска развития патологических состояний в зрелом возрасте. В первую очередь в этой связи требуется разработка и широкое использование в рационах питания детей принципиально новых, сбалансированных по составу функциональных продуктов питания, обогащенных функциональными ингредиентами.

Целью исследований являлась разработка рецептур хлебобулочных и других видов изделий, в составе которых сахар будет исключен полностью с использованием в качестве компонентов обогащающих ингредиентов натурального происхождения (в том числе вторичных продуктов предприятий пищевых отраслей), являющихся источниками пищевых волокон, витаминов, минеральных элементов и содержащих собственные сахара. Для изготовления продуктов и блюд, имеющих в своем составе пониженное содержание сахара предлагается использовать бифидогенные добавки на основе фруктов и овощей, а также виноградные выжимки, содержащие фруктосахариды (олигосахариды), полисахариды, богатые пищевыми волокнами, являющиеся естественными антиоксидантами в виде фитопаст и саше.

Ключевые слова: оптимизация состава, пищевые продукты, функциональные добавки, вторичное сырье, обогащение, олигосахариды, антиоксиданты, фитопасты, саше.

Abstract. *This paper examines issues related to optimizing the composition and formulation of sugar-containing products in preschool and school nutrition. A study of the actual diet of children in kindergartens reveals that the added sugar content in their menus significantly exceeds the recommended levels of the WHO and SanPiN 2.3/2.4.3590-20. Combined with other dietary deficiencies, these characteristics may become risk factors for the development of pathological conditions in adulthood. This calls for the development and widespread use of fundamentally new, balanced functional foods enriched with functional ingredients in children's diets.*

The aim of the research was to develop recipes for bakery and other products that would completely eliminate sugar by using fortifying ingredients of natural origin (including by-products from food processing plants) that are sources of dietary fiber, vitamins, and minerals and contain their own sugars. For the production of products and dishes with reduced sugar content, it is proposed to use bifidogenic supplements based on fruits and vegetables, as well as grape pomace containing fructosaccharides (oligosaccharides), polysaccharides rich in dietary fiber, and natural antioxidants in the form of phytopastes and sachets.

Keywords: *composition optimization, food products, functional additives, secondary raw materials, enrichment, oligosaccharides, antioxidants, phytopastes, sachets.*

Введение. Современная эпоха, характеризующаяся глобальным экологическим кризисом, гиподинамией, снижением потребления незаменимых пищевых веществ – витаминов и микроэлементов, повышением потребления рафинированных продуктов, обусловила необходимость новых подходов в организации здорового рационального питания населения, способствующего сохранению здоровья и увеличению продолжительности жизни. Известно, что на здоровье ребёнка оказывают влияние многие факторы, в число которых входят физические, психологические. Обеспечение адекватного рациона необходимо для нормального физиологического функционирования организма ребёнка, так как из-за быстрых темпов роста и развития дети очень чувствительны к дефициту различных компонентов питания. При несоблюдении принципов сбалансированного питания усугубляются и часто не поддаются корректировке многие симптомы болезней, в том числе психоневрологические. Развитие болезней, связанных с нарушением пищеварения, работы эндокринной системы, а также ожирение и сахарный диабет напрямую зависят от неправильного питания и злоупотребления нездоровой пищей, в том числе продуктами с высоким содержанием рафинированных сахаров [1,2]. Высокое содержание быстроусвояемых углеводов и, как следствие, высокая гликемическая нагрузка, является существенным фактором в повышении уровня глюкозы в крови с последующим формированием инсулинорезистентности. Для улучшения потребительских свойств пищевых продуктов и напитков, производители нерационально включают в их состав большое количество сахаров. До 92% продуктов, позиционируемых как «детские», содержат избыточное количество сахара. ВОЗ отмечает, что сахар часто «прячется» в йогуртах, соусах и сухих завтраках [3,4]. Растущий рынок и ассортимент безалкогольных напитков с высоким содержанием углеводов оказывает негативное влияние на популяционном уровне и аффилирован с ростом заболеваемости ожирением, сахарного диабета 2 типа и другими метаболическими нарушениями, и как следствие, снижение качества и продолжительности жизни. Альтернативой их потребления может являться популяризация продуктов с пониженным содержанием легкоусвояемых углеводов, либо полного исключения таковых [7,8,9].

В первую очередь в этой связи требуется разработка и широкое использование принципиально новых, сбалансированных по составу функциональных продуктов питания, обогащенных функциональными ингредиентами [5,6].

Функциональными являются такие продукты питания естественного происхождения, регулярное использование которых способно нормализовать определенные функции и биохимические реакции организма человека, регулировать обмен веществ. В ассортимент продуктов функционального питания входят, прежде всего, такие, которые содержат живые бифидобактерии, лактобактерии, олигосахариды, а также бифидогенные факторы растительного, микробного, животного происхождения, пищевые волокна, естественные антиоксиданты, комплексы перечисленных групп соединений и микроорганизмов.

Большинство привычных нашему рациону питания фруктов и овощей обладают богатым химическим составом, содержат биологически активные вещества, которые оказывают на макроорганизм положительный эффект, выражающийся, в том числе, в коррекции и регуляции состава и функции микрофлоры пищеварительного тракта.

В нашей стране в настоящий момент широко обсуждается проблема необходимости изменения подходов к организации питании детей в дошкольных образовательных учреждениях. Анализ меню дошкольных учреждений показывает преобладание в нем ультраобработанных продуктов, недостаток растительного белка, рыбы. Исследования рационов питания детей дошкольного возраста и школьников, проводимые институтом гигиены питания, как правило, выявляют в них нехватку таких компонентов, как флаваноиды, фосфолипиды и пищевые волокна, но значительное превышение по содержанию сахара[11,16].

Цель исследований – разработка рецептур хлебобулочных изделий, в составе которых сахар будет исключен полностью с использованием в качестве компонента обогащающих ингредиентов натурального происхождения, (в том числе вторичных продуктов предприятий пищевых отраслей), являющихся источниками пищевых волокон и содержащих собственные сахара

Методы исследований

Фактическое питание детей исследовалось путем анализа рекомендуемого и фактического меню нескольких детских садов г. Махачкалы. Представленные результаты были сопоставлены с показателями норм физиологических потребностей (НФП) в энергии и пищевых веществах для детей по СанПиН 2.3/2.4.3590-20 и МР 2.3.1.0253-21[11,22]. Величину суточного потребления сахара по фактическому меню сопоставляли с рекомендуемой величиной, предложенной ВОЗ и Приложением № 7 СанПиН 2.3/2.4.3590-20. В таблице 1 приведены нормы некоторых рекомендуемых продуктов.

Разработку рецептур и технологии производства хлебобулочных изделий с обогащенным составом проводили путем эксперимента: для получения обогащенного хлеба тесто готовилось опарным способом [12,13,14]. Необходимые по рецептуре компоненты теста смешивались, в последнюю очередь вводились обогащающие добавки. Полученное тесто оставляли для брожения. После чего проводилась разделка, формование, расстойка и выпекание тестовых заготовок до получения готового продукта.

Таблица 1 - Среднесуточные наборы пищевой продукции (в нетто г, мл на 1 ребенка в сутки)

№	Наименование пищевой продукции или группы пищевой продукции	1-3 года (в сут.)	3-7 лет (в сут.)
1	Фрукты свежие	95	100
2	Сухофрукты	9	11
3	Сок фруктовые и овощные	100	100
4	Витаминизированные напитки	0	50
5	Кондитерские изделия	12	20
6	Чай	0,5	0,6
7	Сахар (в том числе для приготовления блюд и напитков, в случае использования пищевой продукции промышленного выпуска, содержащих сахар выдача сахара должна быть уменьшена в зависимости от его содержания в используемой готовой пищевой продукции)	25	30

Изменение биотехнологических свойств теста оценивали в процессе расстойки. Газоудерживающую способность заготовки определяли по изменению объема теста в процессе расстойки. Органолептические показатели продукта определялись в ходе дегустаций.

Результаты исследований

Норма сахара по СанПиН в РФ составляет 30 г, тогда как мировое сообщество по охране здоровья детей рекомендует до 20 г/сутки[19,22,23]. Однако, реально, как правило, меню детских садов содержит 60-70 г сахара, то есть, дети употребляют в 3-3,5 раза больше рекомендованного. Норма рекомендуемой калорийности для детей от 3 до 7 лет у нас составляет 1800 ккал/сутки (ВОЗ рекомендует 1545-1715ккал), при этом дети едят и вне детского садика и чаще всего сладости. Такой регулярный дисбаланс со временем может привести к развитию ожирения, диабета, сердечно-сосудистым и другим заболеваниям.

Для оптимизации рациона питания специалисты рекомендуют сократить в первую очередь использование добавленного сахара, взамен обогащая его овощами и фруктами, которые содержат свой собственный сахар. В таблице 2 показано содержание сахаров в составе некоторых фруктов и овощей. В таблице 3 приведены продукты с высоким содержанием биологически активных соединений.

Таблица 2 - Содержание сахаров в составе некоторых овощей и фруктов

Продукт	Содержание сахаров в г/100г продукта
Брокколи, капуста белокочанная, цветная и брюссельская	2,22 – 2,79
Лук, чеснок, черемша	4,24
Шпинат	4,4
Яблоки, виноград	10,4 – 25,5
Персик, груши, апельсин, сливы	8,4 – 15,9
Лист ореха грецкого	
Тыква, морковь	3,9 – 4,74
Вишня, черешня, абрикосы садовые	6,2 – 17,3

Таблица 3 - Биологически активные соединения в составе некоторых овощей и фруктов

Продукт	Биологически активные соединения
Красный виноград, брокколи, кожица винограда, капуста белокочанная, цветная и брюссельская	Кверцетин, резвератрол, индолы
Лук, чеснок, черемша	аллилсульфосоединения, аденозин
Шпинат	лютеин, зеаксантин
Яблоки, виноград	катехины, флавонолы, лейкоантоцианы, витамины
Льняное семя	лигнаны
Лист ореха грецкого	флавонолы, лейкоантоцианы, витамины
Тыква, морковь	каротиноиды, флавоноиды, лютеин, ликопин

В таблице 4 приведен характер воздействия биологически активных соединений в составе функциональных продуктов питания на организм человека

Таблица 4 - Характер воздействия биологически активных соединений в составе функциональных продуктов питания на организм человека

Биологически активное соединение	Характер воздействия на организм человека
Витамин С, полифенолы, токоферолы, индолы, ликопин, лютеин, катехины, танины	антиоксидантное
Линолевая кислота, капсаицин, куркумин	противовоспалительное
Кверцетин, пектин, танины, резвератрол, МНЖК,	регуляция липидного профиля крови
Олигофруктоза, инулин, лактулоза, пектин, пищевые волокна, клетчатка	пребиотическое действие

В этой связи нами проводятся экспериментальные исследования по разработке рецептур и технологии производства продуктов функционального питания со сниженным содержанием сахара на основе вторичных продуктов предприятий пищевых отраслей. Создаваемый функциональный продукт должен иметь невысокую себестоимость, быть удобным в использовании, хранении и транспортировании, а также соответствовать современным требованиям, предъявляемым к продуктам питания. Ценнейшими вторичными продуктами являются выжимки (жмых) от переработки фруктов и овощей, получаемый в огромных количествах при выработке соков.

Так, нами проведены экспериментальные исследования по разработке рецептуры и технологии производства хлебобулочных изделий с обогащенным составом. Введение обогащающих компонентов производилось на стадии замешивания теста. В качестве растительных компонентов использовались свекольный, морковный, тыквенный порошки или пасты, виноградные выжимки, листья айвы и орехового дерева, имеющие богатый химический состав.

Растительные компоненты могут вноситься в состав хлебобулочных изделий и в свежем измельченном состоянии (до 5 – 10 % к массе муки). Способ получения обогащенного хлеба включает приготовление теста опарным способом. При приготовлении теста смешивают необходимые по рецептуре компоненты (исключая сахар), воду и в последнюю очередь обогащающие добавки. Полученную смесь замешивают и оставляют для брожения. После чего проводят разделку и формование полученного теста в формы для выпечки. Затем осуществляют расстойку в течение 20-25 мин при температуре 35-40°С и относительной влажности воздуха 75-80%. Выпекание тестовых заготовок осуществляют при температуре 210-230°С в увлажненной камере, снижая последовательно температуру до 180-190°С до получения готового продукта.

Изменение биотехнологических свойств теста оценивали в процессе расстойки. Наибольшее значение объема выделившегося CO_2 за 50 мин расстойки наблюдалось в опытных образцах. Увеличение интенсивности газообразования при внесении обогащающих добавок можно объяснить высоким содержанием в них собственных сахаров. Газоудерживающую способность определяли по изменению объема теста в процессе расстойки. Изменение объема теста в процессе расстойки тестовых заготовок в опытных пробах происходит более интенсивно.

Выводы. Проведенное нами исследование показало, что основные нарушения нутриентного состава рационов питания детей выражаются в избыточном потреблении добавленного сахара. В совокупности с другими недостатками рационов питания данные особенности могут стать факторами риска развития патологических состояний в зрелом возрасте. В ходе исследования выявилась перспективность использования муки из семян тыквы в качестве рецептурного компонента, а также актуальность обогащения хлеба вкусовыми ингредиентами натурального происхождения, являющимися одновременно источником пищевых волокон. Были изготовлены хлебобулочные изделия, в составе которых сахар был исключен полностью, но введены компоненты сухофруктов: изюма, чернослива, фиников и кураги. Планируем разработать рецептуру и технологию десертного хлеба, обогащенного пищевыми волокнами, с повышенной биологической и пищевой ценностью

Результаты исследования в случае внедрения на производстве позволят расширить ассортимент выпускаемой продукции республиканским предприятиям отрасли, будут способствовать снижению экологической нагрузки на окружающую среду, созданию новых рабочих мест и получению значительного экономического эффекта.

Список литературы

1.Андреева Е. П., А. В. Кирдяшкина Значение здорового питания в жизни школьника // Юный ученый. – 2023. – № 2 (65). – С. 229-234 [Электронный ресурс]. URL: https://moluch.ru/young/archive/65/3311

2.Винницкая В.Ф., Данилин С.И., Перфилова О.В. Перспективы развития производства основных видов плодоовощной продукции для полноценного и здорового питания //Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. – 2014. – № 2. – С.45-50

3.Du X., Zhu K., Trube A., Zhang Q., Ma G., Hu X. et al. School-milk intervention trial enhances growth and bone mineral accretion in Chinese girls aged 10–12 years in Beijing // Br. J. Nutr. 2004. Vol. 92, N 1. P. 159–168.

4. Зулькарнаев Т. Р., Мурысева Е. Н., Тюрина О. В., Зулькарнаева А. Т. Здоровое питание: новые подходы к нормированию физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации // Медицинский вестник Башкортостана. – 2011. – №5 [Электронный ресурс]. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/zdorovoe-pitanie-novyepodhody-k-normirovaniyu-fiziologicheskih-potrebnostey-v-energii-i-pischevyh-veschestvahdlya-razlichnyh-grupp (дата обращения: 10.12.2023).

5.Ибрагимова Л.Р., Исламов М.Н., Халитова А.Р. Рациональная технология использования вторичных продуктов бродильных производств // Неделя науки: сб. мат. докл. XL итоговой науч.-техн. конф. преподавателей, сотрудников, аспирантов и студентов ДГТУ. – Махачкала: ДГТУ, 2019. – С.116-118

6.Ибрагимова Л.Р., Аллахьяров Т.А. Проектирование состава и рецептур растительных бифидогенных добавок к пище // Совершенствование технологических процессов в пищевой, химической и перерабатывающей промышленности: сб. науч. тр. преп., сотр., аспирантов и студентов ТФ ДГТУ. – Махачкала: ДГТУ, 2024. – С.83-86.

7. Теоретические и практические аспекты разработки специализированных пищевых продуктов для диетотерапии при сердечно-сосудистых заболеваниях / Кочеткова А. А., Воробьева В. М., Воробьева И. С. [и др.] // Пищевая промышленность. – № 8. – С. 8-12.

8. Казанцев А. В., Махонько М. Н. Сладкие безалкогольные газированные напитки современного промышленного производства и заболевания, обусловленные их употреблением // Бюллетень медицинских Интернет конференций. – 2014. – Т. 4. – №11. – С. 1253-1256.

9. Контроль качества продуктов питания: система и методы // Интер Консалт [Электронный ресурс]. URL: https://www.iksystems.ru/info/articles/menedzhment-kachestva/kontrolkachestva-produktov-pitaniya-sistema-i-metody/ (дата обращения: 02.04.2024).

10.Лебедев Е.Н. Комплексное использование сырья в пищевой промышленности. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1999. – 245 с.

11.Методические рекомендации от 22.01.2021 г. № 2.3.1.0253-21 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации»

12. Морозова С. С., Бакуменко О. Е., Тарасова В. В. Разработка рецептур пищевых концентратов киселей с использованием сахарозаменителей и интенсивных подсластителей // Пищевая промышленность. – 2020. – № 6. – С. 13-18. – DOI 10.24411/0235-2486- 2020-10058. – EDN PAVPFY.

13. Попов А.М., Попов А.А., Гурин В.В., Петушкова Е.Е. Физико-химические свойства концентратов структурированных напитков на основе молочной сыворотки с добавлением злаковых культур // Пиво и напитки. – 2007. – №1 [Электронный ресурс]. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/fizikohimicheskie-svoystva-kontsentratov-strukturirovannyh-napitkov-na-osnove-molochnoysyvorotki-s-dobavleniem-zlakovyh-kultur (дата обращения: 08.01.2024).

14.Пащенко Л.П. Разработка технологии хлеба, обогащенного семенами нута // Успехи современного естествознания. – 2009. – № 1. – С. 24-38 [Электронный ресурс]. URL: https://natural sciences.ru /ru/article /view?id=9748 (дата обращения: 31.03.2023)

15.Плотникова Т.В., Позняковский В.М., Ларина Т.В. Экспертиза свежих плодов и овощей: учеб. пособие /под ред. В.М. Позняковского. – Новосибирск: Сиб. Унив. Изд-во, 2011. – 258 с.

16.Прокушева Е. А. Современные требования к количественному и качественному составу пищевых продуктов / Е. А. Прокушева // Пищевая промышленность. – 2011. – № 8. – С. 8-10

17.Польен Бом, Махтельд Хубер. Ребенок от одного года до четырех лет. Практическое руководство по уходу и воспитанию. – Изд-во «Добрая книга», 2017

18.Шепель О.В. Использование вторичных ресурсов пищевой и перерабатывающей промышленности // Достижения науки и техники АПК. – 2006. – № 9. – С. 37

19.Fayet-Moore F., Kim J., Sritharan N., Petocz P. Impact of breakfast skipping and breakfast choice on the nutrient intake and body mass index of Australian children // Nutrients. 2016. Vol. 8, N 8. P. 487–491.

20.Wlodarek D., Glabska D., Lange E. The effect of dairy products choice on calcium dietary intake in female university students of nutritional faculty // Rocz. Panstw. Zakl. Hig. 2014. Vol. 65, N 1. P. 35–39

21.Institute of Medicine (US) Committee to Review Dietary Reference Intakes for Vitamin D and Calcium / eds A.C. Ross, C.L. Taylor, A.L. Yaktine, H.B. DelValle. Washington, DC : National Academy Press, 2011.

22.Санитарно-эпидемиологические правила и нормы от 27.10.2020 г. № 2.3/2.4.3590-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к организации общественного питания населения

23.Тапешкина Н.В., Почуева Л.П., Власова О.П. Организация питания школьников: проблемы и пути решения // Фундаментальная и клиническая медицина. – 2019. – № 4(2). – С. 120-128. https://doi.org/10.23946/2500-0764-2019-4-2-120-128

References

1. Andreeva E. P., A. V. Kirdyashkina The importance of healthy nutrition in the life of a schoolchild // Young scientist. – 2023. – No. 2 (65). – P. 229-234 [Electronic resource]. URL: https://moluch.ru/young/archive/65/3311

2.Vinnitskaya V.F., Danilin S.I., Perfilova O.V. Prospects for the development of production of the main types of fruits and vegetables for a complete and healthy diet // Technologies of the food and processing industry of the agro-industrial complex - healthy food products. – 2014. – No. 2. – P.45-50

3.Du X., Zhu K., Trube A., Zhang Q., Ma G., Hu X. et al. School-milk intervention trial enhances growth and bone mineral accretion in Chinese girls aged 10–12 years in Beijing // Br. J. Nutr. 2004. Vol. 92, N 1. P. 159–168.

4. Zulkarnaev T. R., Muryseva E. N., Tyurina O. V., Zulkarnaeva A. T. Healthy nutrition: new approaches to rationing physiological needs for energy and nutrients for various groups of the population of the Russian Federation // Medical Bulletin of Bashkortostan. – 2011. – No. 5 [Electronic resource]. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/zdorovoe-pitanie-

novyepodhody-k-normirovaniyu-fiziologicheskih-potrebnostey-v-energii-i-pischevyh-veschestvahdlya-razlichnyh-grupp (date of access: 12/10/2023).

5. Ibragimova L.R., Islamov M.N., Khalitova A.R. Rational technology of using secondary products of fermentation plants // Science Week: collection of materials of reports XL final scientific and technical. conference of teachers, staff, graduate students and students of DSTU. – Makhachkala: DSTU, 2019. – P.116-118

6.Ibragimova L.R., Allahyarov T.A. Design of the composition and formulations of plant bifidogenic food additives // Improvement of technological processes in the food, chemical and processing industries: collection of scientific works of lecturers, co-workers, graduate students and students of the TF DSTU. – Makhachkala: DSTU, 2024. – P.83-86.

7. Theoretical and practical aspects of the development of specialized food products for diet therapy for cardiovascular diseases / Kochetkova A. A., Vorobyova V. M., Vorobyova I. S. [et al.] // Food industry. – No. 8. – P. 8-12.

8. Kazantsev A.V., Makhonko M.N. Sweet non-alcoholic carbonated drinks of modern industrial production and diseases caused by their consumption // Bulletin of medical Internet conferences. – 2014. – T. 4. – No. 11. – pp. 1253-1256.

9. Quality control of food products: system and methods // Inter Consult [Electronic resource]. URL: https://www.iksystems.ru/info/articles/menedzhment-kachestva/kontrolkachestva-produktov-pitaniya-sistema-i-metody/ (date of access: 04/02/2024).

10. Lebedev E.N. Integrated use of raw materials in the food industry. – M.: Light and food industry, 1999. – 245 p.

11. Methodological recommendations dated January 22, 2021 No. 2.3.1.0253-21 "Norms of physiological needs for energy and nutrients for various groups of the population of the Russian Federation"

12. Morozova S. S., Bakumenko O. E., Tarasova V. V. Development of recipes for food concentrates of jelly using sugar substitutes and intense sweeteners // Food industry. – 2020. – No. 6. – P. 13-18. – DOI 10.24411/0235-2486-2020-10058. – EDN PAVPFY.

13. Popov A.M., Popov A.A., Gurin V.V., Petushkova E.E. Physico-chemical properties of structured drink concentrates based on whey with the addition of cereals // Beer and drinks. – 2007. – No. 1 [Electronic resource]. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/fizikohimicheskie-svoystva-kontsentratov-strukturirovannyh-napitkov-na-osnove-molochnoysyvorotki-s-dobavleniem-zlakovyh-kultur (date of access: 01/08/2024).

14. Pashchenko L.P. Development of technology for bread enriched with chickpea seeds // Advances in modern science. – 2009. – No. 1. – P. 24-38 [Electronic resource]. URL: https://natural sciences.ru /ru/article /view?id=9748 (access date: 03/31/2023)

15. Plotnikova T.V., Poznyakovsky V.M., Larina T.V. Examination of fresh fruits and vegetables: textbook. manual / ed. V.M. Poznyakovsky. – Novosibirsk: Sib. Univ. Publishing house, 2011. – 258 p.

16. Prokusheva E. A. Modern requirements for the quantitative and qualitative composition of food products / E. A. Prokusheva // Food industry. – 2011. – No. 8. – P. 8-10

17. Paulen Bohm, Machteld Huber. Child from one to four years old. Practical guide to care and education. – Publishing House "Good Book", 2017

18. Shepel O.V. Use of secondary resources in the food and processing industry // Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. – 2006. – No. 9. – P. 37

19. Fayet-Moore F., Kim J., Sritharan N., Petocz P. Impact of breakfast skipping and breakfast choice on the nutrient intake and body mass index of Australian children // Nutrients. 2016. Vol. 8, N 8. P. 487–491.

20. Wlodarek D., Glabska D., Lange E. The effect of dairy products choice on calcium dietary intake in female university students of nutritional faculty // Rocz. Panstw. Zakl. Hig. 2014. Vol. 65, N 1. P. 35–39

21.Institute of Medicine (US) Committee to Review Dietary Reference Intakes for Vitamin D and Calcium / eds A.C. Ross, C.L. Taylor, A. L. Yaktine, H.B. DelValle. Washington, DC: National Academy Press, 2011.

22. Sanitary and epidemiological rules and regulations dated October 27, 2020 No. 2.3/2.4.3590-20 "Sanitary and epidemiological requirements for the organization of public catering for the population

23. Tapeshkina N.V., Pochueva L.P., Vlasova O.P. Organization of nutrition for schoolchildren: problems and solutions // Fundamental and clinical medicine. – 2019. – No. 4(2). – pp. 120-128. https://doi.org/10.23946/2500-0764-2019-4-2-120-128

10.52671/26867591_2026_1_254
УДК 664:637.07

МЕТОДЫ ЭКСТРАКЦИИ БИОАКТИВНЫХ КОМПОНЕНТОВ ИЗ ПЛОДОВ ГРАНАТА

ИСРИГОВА Т.А.[1], д-р с.-х. наук, профессор
ЛУКИН А.А.[2], канд. техн. наук, доцент
САЛМАНОВ М.М.[1] , д-р с.-х. наук, профессор
ОМАРИЕВА Л.В. [1], канд. биол. наук, доцент
СЕЛИМОВА У.А. [1], канд. с.-х. наук, доцент
РАШИДОВА Р.А. [1], аспирант
АЛИГАЗИЕВА П.А. [1], д-р с.-х. наук, профессор
[1]ФГБОУ ВО Дагестанский ГАУ, г. Махачкала, Россия
[2]ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет, г. Челябинск, Россия

METHODS FOR EXTRACTING BIOACTIVE COMPONENTS FROM POMEGRANATE FRUITS

ISRIGOVA T.A.[1], Doctor of Agricultural Sciences, Professor
LUKIN A.A.[2], Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
SALMANOV M.M. [1], Doctor of Agricultural Sciences, Professor
OMARIEVA L.V. [1], Candidate of Biological Sciences, Associate Professor
SELIMOVA U.A. [1], Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor
RASHIDOVA R.A. [1], postgraduate student
ALIGAZIEVA P.A. [1], Doctor of Agricultural Sciences, Professor
[1]Dagestan State Agrarian University, Makhachkala, Russia
[2] South Ural State Agrarian University, Chelyabinsk, Russia

Аннотация. Статья посвящена изучению современных методов экстракции биологически активных компонентов из плодов граната (Punica granatum), включая кожуру и семена. Рассматриваются традиционные подходы, такие как мацерация и экстракция органическими растворителями, а также передовые техники – микроволновые и ультразвуковые методы. Особое внимание уделено влиянию выбранных растворителей и режимов обработки на количество извлечённых полезных веществ и антиоксидантную активность конечных экстрактов. Наряду с этим, разработаны более современные методы экстракции, такие как экстракция сверхкритическими флюидами (SFE), ускоренная экстракция растворителем (ASE), ультразвуковая экстракция (UAE) и экстракция под высоким гидростатическим давлением (HHPE).

Анализируются преимущества и ограничения каждого подхода, отмечается необходимость разработки новых экологически чистых и экономически оправданных технологий для эффективного извлечения фенольных соединений, антиоксидантов и других биологически значимых веществ из гранатов. Подчёркивается роль инновационных методов, таких как микроволновая и ультразвуковая экстракция, в повышении производительности и снижении затрат ресурсов.

Исследования показывают, что сочетание оптимального выбора растворителя и эффективной экстракционной стратегии позволяет значительно увеличить выход необходимых веществ, сохраняя при этом высокую антиоксидантную активность. Обсуждаются перспективы дальнейшего развития данных подходов для расширения ассортимента функциональных продуктов питания и улучшения здоровья потребителей.

Ключевые слова: экстракция, биологически активные вещества, плоды граната, мацерация, микроволновая экстракция, ультразвуковая экстракция, антиоксиданты.

Abstract. *This article examines modern methods for extracting biologically active components from pomegranate (Punica granatum) fruits, including peel and seeds. Traditional approaches, such as maceration and organic solvent extraction, are considered, along with cutting-edge techniques such as microwave and ultrasound. Particular attention is paid to the influence of selected solvents and processing modes on the amount of extracted beneficial substances and the antioxidant activity of the final extracts. Furthermore, more modern extraction methods have been developed, including supercritical fluid extraction (SFE), accelerated solvent extraction (ASE), ultrasound-assisted extraction (UAE), and high hydrostatic pressure extraction (HHPE).*

The advantages and limitations of each approach are analyzed, highlighting the need to develop new, environmentally friendly and cost-effective technologies for the efficient extraction of phenolic compounds, antioxidants, and other biologically significant substances from pomegranates. The role of innovative methods such as microwave and ultrasound extraction in increasing productivity and reducing resource costs is emphasized. Research shows that the combination of optimal solvent selection and an effective extraction strategy can significantly increase the yield of essential substances while maintaining high antioxidant activity. Prospects for further development of these approaches to expand the range of functional foods and improve consumer health are discussed.

Keywords: *extraction, biologically active substances, pomegranate fruits, maceration, microwave extraction, ultrasonic extraction, antioxidants.*

Введение. Гранат относится к семейству Punicaceae. Согласно результатам некоторых исследований, в настоящее время рассматривается возможность пересмотра его таксономической классификации и отнесения к семейству Lythraceae. Гранат относится к подклассу Rodidae, порядку Myrtales и роду Punica. В отличие от многих других растений, род граната представлен всего двумя видами: Punica granatum или Lythraceae и Punica protopunica (рис. 1).

Вид Punica protopunica произрастает исключительно на острове Сокотра, расположенном в Аравийском море. Название Punica granatum переводится как "яблоко с семенами" и происходит от латинских слов Pommum (яблоко) и grantus (зернистый). В различных регионах мира гранат известен под разными названиями, и существует более 500 сортов, в которых для одного и того же базового генотипа могут использоваться различные названия. Гранат представляет собой небольшое дерево или кустарник, в тропическом климате он является вечнозеленым, а в субтропическом климате – листопадным. Гранат – листопадное растение с небольшими, узкими, продолговатыми листьями и короткими черешками. Плоды граната имеют зернистую кожуру зелено-красного или белого цвета, каждое зернышко окружено сочной мякотью, покрытой тонкой мембраной.



Рисунок 1 – Punica protopunica и Punica granatum

Экстрагирование служит основным способом выделения целевых веществ из растительного сырья. Природные биологически активные компоненты, относящиеся к вторичным метаболитам и локализующиеся в листьях, стеблях, корнях, семенах, цветах и плодах, извлекаются посредством различных методик.

Эффективность выделения таких соединений определяется выбором экстракционного метода, свойствами исходного материала и типом применяемого растворителя. Существующие технологии подразделяются на классические и современные. К традиционным способам обычно относят применение органических растворителей, воздействие различных температур и механическое перемешивание. В современных условиях возрастает интерес к «зелёным» технологиям, ориентированным на экологически безопасную переработку сырья. В этой связи получили развитие инновационные и экологичные методы, например, микроволновая (МВЭ) и ультразвуковая (УЗЭ) экстракция. Данные подходы обладают существенными достоинствами, среди которых высокая скорость процесса, сниженный расход растворителей, использование безопасных сред, повышенный выход целевых соединений и более высокая селективность [1-4].

Материалы и методы исследований.

В этой статье были проанализированы основные статьи, использованные для написания этого обзора, которые были найдены в базе данных eLibrary, Scopus, Google Scholar и Web of Science.

Результаты исследования.

Мацерация

Мацерация представляет собой методику экстракции, при которой измельченное растительное сырье погружают в жидкий растворитель и выдерживают в течение продолжительного периода с периодическим перемешиванием, как правило, без термического воздействия, при температуре окружающей среды. Данный способ особенно ценен для выделения термолабильных биологически активных веществ из вторичных продуктов переработки растений. В исследовании, проведенном Ranjha M.M.A.N. и соавторами, была выполнена сравнительная оценка эффективности двух методов – мацерации и ультразвуковой экстракции (УЗЭ) – в отношении извлечения полифенольных соединений из кожуры яблок и граната. Целью работы являлось определение общего содержания полифенолов и антиоксидантного потенциала полученных экстрактов с последующим их применением в качестве обогащающих добавок при производстве питательных батончиков на основе фиников [5].

В эксперименте использовались три типа органических растворителей: ацетон, метанол и этанол, каждый в двух концентрациях – 50% и 75%. Для гранатовой кожуры максимальный выход экстрактивных веществ (31,45%) был достигнут при применении ультразвуковой обработки с 50%-ным метанолом. Полученные данные свидетельствуют о том, что ультразвуковая экстракция обеспечивает более высокое извлечение полифенолов в сравнении с методикой мацерации. Несмотря на то что мацерация является щадящим методом, применимым для термочувствительных соединений, к ее ключевым ограничениям относятся значительные затраты времени, высокая ресурсоемкость процесса и относительно низкая экстракционная эффективность.

Экстракция растворителем

Эффективность выделения полифенолов в значительной мере определяется применяемой методикой экстрагирования. Классическим способом получения экстрактов из гранатовой кожуры является экстракция с использованием органических растворителей. Тем не менее, данные методы зачастую отличаются продолжительностью процесса и высоким расходом экстрагента. В работе Magangana T.P. и соавторов была поставлена задача оптимизировать технологию переработки отходов кожуры граната. В рамках исследования проводилось последовательное тестирование различных растворителей – этанола, метанола и ацетона – применявшихся в концентрациях 50%, 70% и 100% [6]. Наивысшая результативность в отношении извлечения фитохимических компонентов и антиоксидантной потенциала была зафиксирована для этанола, далее следовал метанол, тогда как ацетон продемонстрировал наименьшую эффективность. Что касается концентраций, наилучшие показатели выхода наблюдались при 70%, затем при 50%, и, наконец, при 100%. Примечательно, что чистые (100%) растворители проявили относительно низкую экстракционную способность, в то время как их разбавление водой до концентраций 70% и 50% привело к существенному росту выхода целевых биологически активных веществ и усилению

антиоксидантных свойств. Улучшенные показатели при использовании водных смесей позволяют предположить, что добавление воды к менее полярным органическим растворителям повышает общий индекс полярности системы, что, в свою очередь, усиливает растворяющую способность и экстракционный потенциал конкретного агента.

В исследовании Campos L. и коллег изучалось извлечение биоактивных компонентов из побочных продуктов переработки граната – кожуры и семян сортов Acco, Big Full и Wonderful, выращенных в Португалии [7]. Анализировалось влияние концентрации этанола в водно-спиртовых смесях (0%, 25%, 50% и 75% об./об.) на выход экстракта (EY), общее содержание фенольных соединений (TPC), общее содержание флавоноидов (TF) и антиоксидантную активность (AA) в получаемых экстрактах. Кожура граната показала максимальный выход экстракта, а также достоверно более высокие значения TPC и TF по сравнению с экстрактами из семян. Наиболее сбалансированные и высокие результаты в целом были достигнуты с использованием 50% этанола: зафиксирован наибольший средний выход экстракта (45%), максимальные значения TPC (0,34 мг GAE/мг) и TF (0,026 мг CATE/мг), а также наиболее выраженная антиоксидантная активность (минимальное значение IC50, равное 0,12 мг/мл).

Таким образом, представленные данные свидетельствуют о влияние состава экстракционной среды на процесс выделения биоактивных соединений и подчеркивают критическую важность корректного подбора растворителя для максимизации выхода ценных фитохимических веществ из растительных матриц. Перспективным направлением для дальнейших изысканий является детальный анализ спектра извлекаемых специфических биоактивных соединений, оценка их потенциальной биодоступности и изучение влияния на физиологические процессы.

Метод Сокслета

Экстракция по Сокслету интегрирует достоинства методик рефлюкса и перколяции. В её основе лежит принцип рефлюкса, обеспечивающий постоянное взаимодействие растительной матрицы с чистым растворителем по механизму, аналогичному сифонному процессу. В исследовании Kaur R. и соавторами был применён данный метод для получения серии экстрактов из кожуры граната с использованием растворителей различной полярности: гексана, дихлорметана, этилацетата и метанола, с целью изучения их антиоксидантных и противомикробных свойств [8]. Измельчённое сырьё последовательно обрабатывалось указанными растворителями в порядке увеличения их полярности. После фильтрации экстракты подвергались повторной экстракции и концентрированию на роторном испарителе. Наибольший выход сухого остатка был зафиксирован для метанола (37,8%), тогда как наименьший – для гексана (2,1%). Противомикробную эффективность в отношении *Pseudomonas aeruginosa* оценивали по величине минимальной ингибирующей концентрации (МИК). Наиболее активным оказался метанольный экстракт, за которым следовали производные 5-гидроксиметилфурфурала, дихлорметановый экстракт, производные фуран-2,5-дикарбальдегида, этилацетатный экстракт, производные 5-хлорметилфурфурала и гексановый экстракт. Полученные данные свидетельствуют о наличии взаимосвязи между полярностью экстрагента, выходом целевых веществ и их антимикробной активностью. Метанольный экстракт и его фракции проявили наиболее выраженное ингибирующее действие на тест-микроорганизм. Данная работа акцентирует внимание на критической роли выбора растворителя в экстракционных процессах и на перспективности применения экстрактов гранатовой кожуры в качестве противомикробных агентов.

Основное технологическое преимущество аппарата Сокслета (рис. 2) заключается в обеспечении продолжительного контакта образца со свежими порциями растворителя в ходе многократных циклов. Данный подход минимизирует риск насыщения экстрагента целевыми соединениями, способствует их эффективному переносу в приемник и поддерживает температуру системы на уровне, близком к температуре кипения растворителя. К ограничениям метода относят существенную продолжительность процесса, большой расход органических растворителей и ряд иных методических недостатков.



Рисунок 2 – Аппарат Сокслета

Ультразвуковая экстракция (УЗЭ)

Метод ультразвуковой экстракции (УЗЭ) признается высокоэффективной технологией выделения полифенольных соединений из разнообразного растительного сырья: фруктов, овощей, пряных трав и специй. В основе данной технологии лежит явление ультразвуковой кавитации, приводящей к разрушению клеточных структур растений. Ключевыми преимуществами метода являются его оперативность, высокая продуктивность и экономическая целесообразность. Ультразвуковые ванны (рис. 3), несмотря на доступность и простоту эксплуатации, характеризуются недостаточной воспроизводимостью данных, что сужает сферу их применения в лабораторной практике. В отличие от них, ультразвуковые зонды, сконструированные из излучателя, соединенного с преобразователем, при погружении в среду минимизируют рассеивание акустической энергии, что существенно повышает результативность процесса экстракции.

Rajha H.N. и соавторы изучили воздействие ультразвуковых волн на кинетические параметры экстрагирования полифенолов из оболочек и семян граната [9]. Целью работы была оптимизация условий водной экстракции данных биологически активных веществ с применением ультразвука. Процесс проводили при постоянной температуре 50 °C. В ходе эксперимента сравнивали эффективность экстракции с предварительной ультразвуковой обработкой сырья и без нее, варьируя продолжительность воздействия. Полученные результаты подтвердили, что ультразвуковая подготовка сырья статистически значимо увеличивает выход целевых полифенолов.



Рисунок 3 – Ультразвуковая ванна

Исследование фенольного профиля семян и кожуры граната, экстрагированных с применением ультразвука, показало, что предварительная обработка способствует не только росту количества извлекаемых молекул из обоих типов матриц, но и сохранению широкого спектра их состава. Экспериментальным путем была установлена оптимальная длительность ультразвукового воздействия, составляющая 10 минут. Данный временной интервал обеспечил существенное превышение выхода полифенолов относительно 5-минутной обработки и показал результаты, сопоставимые с 20-минутным воздействием. Это открытие вносит вклад в разработку ресурсосберегающих и высокопродуктивных экстракционных методик, представляющих значительный интерес для нутрицевтической, пищевой и фармакологической отраслей промышленности.

Микроволновая экстракция (МВЭ)

Микроволновое излучение представляет собой форму электромагнитных волн, занимающих в спектре промежуточное положение между радиоволнами и инфракрасным излучением. Его частотный диапазон простирается от 0,3 до 300 ГГц, что соответствует длинам волн от 1 миллиметра до 1 сантиметра. В основе данной экстракционной методики лежит применение высокоинтенсивного микроволнового воздействия совместно с подходящими растворителями для выделения целевых метаболитов из растительного сырья. В исследовании Kaderides K. и соавторов была поставлена задача разработать высокоэффективный и экологичный способ получения фенольных соединений из кожуры граната [10]. Работа включала этап оптимизации ключевых параметров процесса и изучение механизма, ответственного за повышение эффективности экстракции, через наблюдение за степенью деструкции клеточных структур. Было выполнено тринадцать опытов, в каждом из которых тестировались пять различных растворителей: вода, 50% и 70% водно-этанольные растворы, а также 50% и 70% водно-метанольные растворы. В результате оптимизации установлены наилучшие условия: использование 50% водного этанола в качестве растворителя, соотношение «растворитель-сырье» 60 мл/г и мощность излучения 600 Вт. Проведено сравнительное исследование предложенного

протокола МВЭ с методом ультразвуковой экстракции, который также относится к числу экологичных и ранее изучался данной научной группой. Микроволновой метод продемонстрировал преимущество, обеспечив выход целевого продукта примерно в 1,7 раза выше, и потребовал существенно меньше времени – 4 минуты против 10 минут при ультразвуковой обработке. Объяснением выявленной разницы в эффективности и продолжительности процесса служит интенсивное повреждение клеточных стенок в образцах, подвергнутых микроволновому воздействию, что было наглядно подтверждено с помощью сканирующей электронной микроскопии (СЭМ). Несмотря на доказанную результативность ультразвукового метода, более длительное воздействие низкоэнергетической кавитации, по-видимому, обусловило его относительно меньшую производительность. Полученные данные указывают на значительный потенциал микроволновой экстракции как высокоскоростного метода для выделения биологически активных веществ.

Наряду с этим, разработаны более современные методы экстракции, такие как экстракция сверхкритическими флюидами (SFE), ускоренная экстракция растворителем (ASE), ультразвуковая экстракция (UAE) и экстракция под высоким гидростатическим давлением (HHPE). Данные методы демонстрируют различные результаты в количественном и качественном отношении. Однако разработка универсального стандартного метода экстракции для различных видов растений остается актуальной задачей. Ученые активно работают над поиском эффективных, экономически выгодных и экологически безопасных способов извлечения полифенолов и биологически активных веществ [11-20].

Заключение.

Современные способы экстракции, такие как ультразвуковая и микроволновая обработка, наряду с классическими подходами, обеспечивают высокий выход целевых веществ при значительном снижении экологической нагрузки. Гранат активно применяется для обогащения широкого спектра продуктов питания. Его компоненты повышают питательную ценность и антиоксидантные свойства молочной продукции, мясных полуфабрикатов и изделий из теста. Добавление экстрактов граната в состав съедобных упаковочных пленок и покрытий способствует продлению сроков годности и повышению биобезопасности продукции за счет природных механизмов. Таким образом, гранат, чья польза была признана в древности и получила научное подтверждение в наши дни, представляет собой уникальный симбиоз традиционных знаний и современных технологий, служащий источником натурального улучшения качества пищевых продуктов.

Научная статья опубликована в рамках госзадания МСХ РФ «Совершенствование и разработка технологии производства продуктов функционального назначения».

Список литературы

1. Aloqbi A., Omar U., Yousr M., Grace M., Lila M.A., Howell N. Antioxidant activity of pomegranate juice and punicalagin // Nat Sci. – 2016. – № 8(06). – P. 235.

2. Sun Y.Q., Xin T.A.O., Men X.M., Xu Z.W., Tian W. In vitro and in vivo antioxidant activities of three major polyphenolic compounds in pomegranate peel: Ellagic acid, punicalin, and punicalagin // J. Integr. Agric. – 2017. – № 16(8). – P. 1808-1818.

3. Chaabna N., Naili O., Ziane N., Bensouici C., Dahamna S., Harzallah D. In vitro Antioxidant, anti-Alzheimer and Antibacterial Activities of Ethyl acetate and n-Butanol Fractions of Punica granatum Peel from Algeria // Trop J Nat Prod Res. – 2023. – № 7(7). – P. 3470-3477.

4. Zhao R., Long X., Yang J., Du L., Zhang X., Li J., Hou C. Pomegranate peel polyphenols reduce chronic low-grade inflammatory responses by modulating gut microbiota and decreasing colonic tissue damage in rats fed a high-fat diet // Food Funct. – 2019. – № 10. – P. 8273–8285.

5. Ranjha M.M.A.N., Amjad S., Ashraf S., Khawar L., Safdar M.N., Jabbar S., Nadeem M., Mahmood S., Murtaza M.A. Extraction of Polyphenols from Apple and Pomegranate Peels Employing Different Extraction Techniques for the Development of Functional Date Bars // Int. J. Fruit Sci. – 2020. – № 20. – P. 1201–1221.

6. Magangana T.P., Makunga N.P., Grange C., Stander M.A., Fawole O.A., Opara U.L. Blanching pre-treatment promotes high yields, bioactive compounds, antioxidants, enzyme inactivation and antibacterial activity of Wonderful pomegranate peel extracts at three different harvest maturities // Antioxidants. – 2021. – № 10. – P. 1119.

7. Campos L., Seixas L., Henriques M.H., Peres A.M., Veloso A.C. Pomegranate peels and seeds as a source of phenolic compounds: Effect of cultivar, by-product, and extraction solvent // Int. J. Food Sci. – 2022. – № 2022. – P. 9189575e.

8. Kaur R., Kaushal S., Sharma P. Antimicrobial and antioxidant potential of pomegranate (Punica granatum L.) peel // Int. J. Chem. Stud. – 2018. – № 6. – P. 3441–3449.

9. Rajha H.N., Koubaa M., Boussetta N., Maroun R.G., Louka N., Lebovka N., Vorobiev E. Selective Ultrasound-Assisted Aqueous Extraction of Polyphenols from Pomegranate Peels and Seeds // J. Food Process. Preserv. – 2020. – № 44. – P. e14545.

10. Kaderides K., Papaoikonomou L., Serafim M., Goula A.M. Microwave-assisted extraction of phenolics from pomegranate peels: Optimization, kinetics, and comparison with ultrasounds extraction // Chem. Eng. Process. Process. Intensif. – 2019. – № 137. – P. 1–11.

11. Houston D.M., Bugert J., Denyer S.P., Heard C.M. Antiinflammatory activity of Punica granatum

L.(Pomegranate) rind extracts applied topically to ex vivo skin // Eur. J. Pharm. Biopharm. – 2017. – № 112. – P. 30-37.

12. Pepe G., Rapa S.F., Salviati E., Bertamino A., Auriemma G., Cascioferro S., Autore G., Quaroni A., Campiglia P., Marzocco S. Bioactive polyphenols from pomegranate juice reduce 5-fluorouracil-induced intestinal mucositis in intestinal epithelial cells // Antioxidants. – 2020. – № 9(8). – P. 699.

13. Li Y., Ye T., Yang F., Hu M., Liang L., He H., Li Z., Zeng A., Li Y., Yao Y., Xie Y. Punica granatum (pomegranate) peel extract exerts potent antitumor and anti-metastasis activity in thyroid cancer // RSC Adv. – 2016. – № 6(87). – P. 84523-84535.

14. Peng S.Y., Lin L.C., Chen S.R., Farooqi A.A., Cheng Y.B., Tang J.Y., Chang H.W. Pomegranate extract (POMx) induces mitochondrial dysfunction and apoptosis of oral cancer cells // Antioxidants. – 2021. – № 10(7). – P. 1117.

15. Razani Z., Dastani M., Kazerani H.R. Cardioprotective effects of pomegranate (Punica granatum) juice in patients with ischemic heart disease // Phytother. Res. – 2017. – № 31(11). – P. 1731-1738.

16. Manickam V., Dhawan U.K., Singh D., Gupta M., Subramanian M. Pomegranate Peel Extract Decreases Plaque Necrosis and Advanced Atherosclerosis Progression in Apoe-/-Mice // Front. Pharmacol. – 2022. – № 13. – P. 888300.

17. Amri Z., Ben Khedher M.R., Zaibi M.S., Kharroubi W., Turki M., Ayadi F., Hammami M. Anti-diabetic effects of pomegranate extracts in long-term high fructose-fat fed rats // Clin Phytoscience. – 2020. – № 6(1). – P. 1-9.

18. Dey D., Ray R., Hazra B. Antimicrobial activity of pomegranate fruit constituents against drug-resistant Mycobacterium tuberculosis and β-lactamase producing Klebsiella pneumonia // Pharm. Biol. – 2015. – № 53(10). – P. 1474- 1480.

19. Ali A., Chen Y., Liu H., Yu L., Baloch Z., Khalid S., Zhu J., Chen L. Starch-based antimicrobial films functionalized by pomegranate peel // Int. J. Biol. Macromol. – 2019. – P. 129. – P.1120-1126.

20. Chaabna N., Naili O., Ziane N., Bensouici C., Dahamna S., Harzallah D. In vitro Antioxidant, anti-Alzheimer and Antibacterial Activities of Ethyl acetate and n-Butanol Fractions of Punica granatum Peel from Algeria // Trop J Nat Prod Res. – 2023. – P. 7(7). – P. 3470-3477.

References

1. Aloqbi A., Omar U., Yousr M., Grace M., Lila M.A., Howell N. Antioxidant activity of pomegranate juice and punicalagin // Nat Sci. – 2016. – № 8(06). – P. 235.

2. Sun Y.Q., Xin T.A.O., Men X.M., Xu Z.W., Tian W. In vitro and in vivo antioxidant activities of three major polyphenolic compounds in pomegranate peel: Ellagic acid, punicalin, and punicalagin // J. Integr. Agric. – 2017. – № 16(8). – P. 1808-1818.

3. Chaabna N., Naili O., Ziane N., Bensouici C., Dahamna S., Harzallah D. In vitro Antioxidant, anti-Alzheimer and Antibacterial Activities of Ethyl acetate and n-Butanol Fractions of Punica granatum Peel from Algeria // Trop J Nat Prod Res. – 2023. – № 7(7). – P. 3470-3477.

4. Zhao R., Long X., Yang J., Du L., Zhang X., Li J., Hou C. Pomegranate peel polyphenols reduce chronic low-grade inflammatory responses by modulating gut microbiota and decreasing colonic tissue damage in rats fed a high-fat diet // Food Funct. – 2019. – № 10. – P. 8273–8285.

5. Ranjha M.M.A.N., Amjad S., Ashraf S., Khawar L., Safdar M.N., Jabbar S., Nadeem M., Mahmood S., Murtaza M.A. Extraction of Polyphenols from Apple and Pomegranate Peels Employing Different Extraction Techniques for the Development of Functional Date Bars // Int. J. Fruit Sci. – 2020. – № 20. – P. 1201–1221.

6. Magangana T.P., Makunga N.P., Grange C., Stander M.A., Fawole O.A., Opara U.L. Blanching pre-treatment promotes high yields, bioactive compounds, antioxidants, enzyme inactivation and antibacterial activity of Wonderful pomegranate peel extracts at three different harvest maturities // Antioxidants. – 2021. – № 10. – P. 1119.

7. Campos L., Seixas L., Henriques M.H., Peres A.M., Veloso A.C. Pomegranate peels and seeds as a source of phenolic compounds: Effect of cultivar, by-product, and extraction solvent // Int. J. Food Sci. – 2022. – № 2022. – P. 9189575e.

8. Kaur R., Kaushal S., Sharma P. Antimicrobial and antioxidant potential of pomegranate (Punica granatum L.) peel // Int. J. Chem. Stud. – 2018. – № 6. – P. 3441–3449.

9. Rajha H.N., Koubaa M., Boussetta N., Maroun R.G., Louka N., Lebovka N., Vorobiev E. Selective Ultrasound-Assisted Aqueous Extraction of Polyphenols from Pomegranate Peels and Seeds // J. Food Process. Preserv. – 2020. – № 44. – P. e14545.

10. Kaderides K., Papaoikonomou L., Serafim M., Goula A.M. Microwave-assisted extraction of phenolics from pomegranate peels: Optimization, kinetics, and comparison with ultrasounds extraction // Chem. Eng. Process. Process. Intensif. – 2019. – № 137. – P. 1–11.

11. Houston D.M., Bugert J., Denyer S.P., Heard C.M. Antiinflammatory activity of Punica granatum L.(Pomegranate) rind extracts applied topically to ex vivo skin // Eur. J. Pharm. Biopharm. – 2017. – № 112. – P. 30-37.

12. Pepe G., Rapa S.F., Salviati E., Bertamino A., Auriemma G., Cascioferro S., Autore G., Quaroni A., Campiglia P., Marzocco S. Bioactive polyphenols from pomegranate juice reduce 5-fluorouracil-induced intestinal mucositis in intestinal epithelial cells // Antioxidants. – 2020. – № 9(8). – P. 699.

13. Li Y., Ye T., Yang F., Hu M., Liang L., He H., Li Z., Zeng A., Li Y., Yao Y., Xie Y. Punica granatum

(pomegranate) peel extract exerts potent antitumor and anti-metastasis activity in thyroid cancer // RSC Adv. – 2016. – № 6(87). – P. 84523-84535.

14. Peng S.Y., Lin L.C., Chen S.R., Farooqi A.A., Cheng Y.B., Tang J.Y., Chang H.W. Pomegranate extract (POMx) induces mitochondrial dysfunction and apoptosis of oral cancer cells // Antioxidants. – 2021. – № 10(7). – P. 1117.

15. Razani Z., Dastani M., Kazerani H.R. Cardioprotective effects of pomegranate (Punica granatum) juice in patients with ischemic heart disease // Phytother. Res. – 2017. – № 31(11). – P. 1731-1738.

16. Manickam V., Dhawan U.K., Singh D., Gupta M., Subramanian M. Pomegranate Peel Extract Decreases Plaque Necrosis and Advanced Atherosclerosis Progression in Apoe-/-Mice // Front. Pharmacol. – 2022. – № 13. – P. 888300.

17. Amri Z., Ben Khedher M.R., Zaibi M.S., Kharroubi W., Turki M., Ayadi F., Hammami M. Anti-diabetic effects of pomegranate extracts in long-term high fructose-fat fed rats // Clin Phytoscience. – 2020. – № 6(1). – P. 1-9.

18. Dey D., Ray R., Hazra B. Antimicrobial activity of pomegranate fruit constituents against drug-resistant Mycobacterium tuberculosis and β-lactamase producing Klebsiella pneumonia // Pharm. Biol. – 2015. – № 53(10). – P. 1474- 1480.

19. Ali A., Chen Y., Liu H., Yu L., Baloch Z., Khalid S., Zhu J., Chen L. Starch-based antimicrobial films functionalized by pomegranate peel // Int. J. Biol. Macromol. – 2019. – P. 129. – P.1120-1126.

20. Chaabna N., Naili O., Ziane N., Bensouici C., Dahamna S., Harzallah D. In vitro Antioxidant, anti-Alzheimer and Antibacterial Activities of Ethyl acetate and n-Butanol Fractions of Punica granatum Peel from Algeria // Trop J Nat Prod Res. – 2023. – P. 7(7). – P. 3470-3477.

10.52671/26867591_2026_1_261
УДК 664:637.07

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПЛОДОВ ГРАНАТА В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

ИСРИГОВА Т.А.[1], д-р с.-х. наук, профессор
ЛУКИН А.А.[2], канд. техн. наук, доцент
ШТРИККЕР Л.А.[2], ассистент
САЛМАНОВ М.М.[1], д-р с.-х. наук, профессор
СЕЛИМОВА У.А. [1], канд. с.-х. наук, доцент
ДАБУЗОВА Г.А. [1], канд. с.-х. наук, доцент
РАШИДОВА Р.А.[1], аспирант
[1]ФГБОУ ВО Дагестанский ГАУ, г. Махачкала, Россия
[2]ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ, г. Челябинск, Россия

PROSPECTS FOR USING POMEGRANATE FRUIT IN THE FOOD INDUSTRY

ISRIGOVA T.A.[1], Doctor of Agriculture Sciences, Professor
LUKIN A.A.[2], Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
SHTRIKKER L.A.[2], assistant
SALMANOV M.M.[1], Doctor of Agriculture Sciences, Professor
SELIMOVA U.A.[1], Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor
DABUZOVA G.A.[1], Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
RASHIDOVA R.A.[1], postgraduate student
[1]Dagestan State Agrarian University, Makhachkala, Russia
[2]South Ural State Agrarian University, Chelyabinsk, Russia

Аннотация. Гранат, известный также под научным названием Punica granatum L., славится не только своей долгой историей, но и богатым составом биологически активных веществ, которые обуславливают его выраженное фармакологическое действие. Ключевыми компонентами, ответственными за антиоксидантную активность, являются гидролизуемые дубильные вещества, в частности, пуникалагин, пуникалин, галловая кислота и производные эллаговой кислоты. За яркую окраску плода отвечают антоцианы, например, производные дельфинидина.

В данном обзоре детально анализируется сложное взаимодействие биоактивных компонентов граната и их влияние на фармакологические свойства. Особое внимание уделено антиоксидантным, противовоспалительным и противораковым эффектам, что подчеркивает многообразие терапевтических возможностей этого плода. Эллаговая кислота, в значительном количестве содержащаяся в гранате, придает ему противовоспалительные и антиоксидантные свойства, в то время как пуникалагин проявляет

кардиопротекторное и антимикробное действие.

Гранат находит широкое применение в обогащении различных продуктов питания. Его добавление в молочные, мясные и хлебобулочные изделия повышает их питательную ценность и обогащает антиоксидантами. Кроме того, использование экстрактов граната в качестве компонента съедобных покрытий и пленок способствует естественному увеличению срока годности и повышению безопасности пищевых продуктов.

Объединяя традиции и современные научные достижения, гранат предстает как ценный источник природного оздоровления, обладающий богатой историей и подтвержденными современной наукой полезными свойствами. Настоящий обзор предоставляет всестороннее понимание уникальных биоактивных соединений граната, их роли в обеспечении фармакологического действия, а также методов экстракции и применения в создании продуктов с повышенной потребительской ценностью.

Ключевые слова: гранат, эллаговая кислота, галловая кислота, пуникалагин, антиоксидантные свойства, противовоспалительные свойства, питательная ценность, функциональные продукты питания

Abstract. *Pomegranate, also known by its scientific name Punica granatum L., is renowned not only for its long history but also for its rich composition of biologically active substances, which contribute to its pronounced pharmacological effects. The key components responsible for its antioxidant activity are hydrolyzable tannins, particularly punicalagin, punicalin, gallic acid, and ellagic acid derivatives. Anthocyanins, such as delphinidin derivatives, are responsible for the fruit's vibrant color.*

This review provides a detailed analysis of the complex interactions of pomegranate bioactive components and their impact on pharmacological properties. Particular attention is paid to the antioxidant, anti-inflammatory, and anticancer effects, highlighting the fruit's diverse therapeutic potential. Ellagic acid, found in significant quantities in pomegranate, imparts anti-inflammatory and antioxidant properties, while punicalagin exhibits cardioprotective and antimicrobial effects.

Pomegranate is widely used in the fortification of various food products. Adding pomegranate to dairy, meat, and bakery products enhances their nutritional value and enriches them with antioxidants. Furthermore, using pomegranate extracts as a component of edible coatings and films naturally extends shelf life and improves food safety.

Bridging tradition and modern scientific advances, pomegranate is a valuable source of natural healing, boasting a rich history and scientifically proven health benefits. This review provides a comprehensive understanding of pomegranate's unique bioactive compounds, their role in pharmacological action, as well as extraction methods and applications in creating products with enhanced consumer value.

Keywords: *pomegranate, ellagic acid, gallic acid, punicalagin, antioxidant properties, anti-inflammatory properties, nutritional value, functional foods*

Введение.

Гранат (рис. 1), известный под научным названием Punica granatum L., классифицируется в ботаническом семействе Punicaceae. В это семейство, помимо граната обыкновенного, также входят Punica protopunica, являющаяся эндемиком острова Сокотра, и гранатовая мята (представитель средиземноморской флоры). Культивирование и использование граната имеет длительную историю, уходящую корнями как минимум в 3000 год до нашей эры.



Рисунок 1 – Плод граната

По морфологической классификации плод граната относится к мясистым ягодам. Характерной особенностью является чашечка в форме короны и близкая к сферической форма плода, достигающего в диаметре 10 см. Внутри плотной кожистой оболочки, экзокарпия, располагается мясистый мезокарп,

разделенный мембранами на камеры. Экзокарп составляет около половины общей массы плода, в то время как съедобная часть состоит из семян (10%) и сочных зерен (40%).

В составе граната преобладают антоцианы, такие как пеларгонидин-3-глюкозид, цианидин-3-глюкозид, дельфинидин-3-глюкозид, пеларгонидин-2,5-диглюкозид, цианидин-3,5-диглюкозид и дельфинидин-3,5-диглюкозид. Именно эти соединения обуславливают характерную окраску плодов граната [1].

Полезные свойства граната распространяются не только на съедобную часть, но и на кожуру, которая содержит больше биологически активных веществ. Кожура граната богата фитохимическими соединениями, включая галловую кислоту, галлотаннины, эллаговую кислоту, пуникалагины и пуникалин. Пуникалагин представлен в двух формах – α- и β-аномерных – и обладает антибактериальными свойствами в экстрактах кожуры граната. Эллаговая кислота проявляет антимутагенное, противовирусное, антиоксидантное и осветляющее кожу действие [2].

Гранат обладает широким спектром терапевтических свойств, включая антиоксидантное, противовирусное, антибактериальное и противовоспалительное действие. Экстракт граната, содержащий цианидин, способен снижать уровень активных форм кислорода (АФК) в клеточных линиях MCF-7 и подавлять пролиферацию этих клеточных линий. В традиционной индийской медицине гранат рассматривался как комплексное лекарственное средство. Кожура плодов, обладающая вяжущими свойствами, применялась для лечения диареи, а сами плоды использовались как тонизирующее и жаропонижающее средство. Цветы граната использовались в традиционной греческой медицине для лечения диабета.

Гранат употребляется в пищу как в свежем, так и в переработанном виде, включая сок, желе, джем, вино, масло, уксус и пищевые добавки. Он используется в различных продуктах, включая чаи, фармацевтические и терапевтические препараты, красители и декоративные средства.

Материалы и методы исследований.

В этой статье были проанализированы основные статьи, использованные для написания этого обзора, которые были найдены в базе данных eLibrary, Scopus, Google Scholar и Web of Science.

Результаты исследования.

Биологически активные соединения

Фитохимические соединения, часто упоминаемые как биоактивные вещества, представляют собой вторичные метаболиты, вырабатываемые растениями в процессе их жизнедеятельности. Они классифицируются как химические компоненты, способные оказывать воздействие на здоровье человека, однако не относятся к группе необходимых для организма питательных элементов. Данные биоактивные вещества рассматриваются как химические соединения, обладающие терапевтическим потенциалом, за счет их способности влиять на калорийность потребляемой пищи, а также снижать уровень окислительного стресса, провоспалительные процессы и нарушения метаболизма. На биохимический состав фруктов и других растительных компонентов оказывают влияние такие факторы, как климатические условия, географическое положение, условия хранения и сортовые особенности. К наиболее важным биоактивным компонентам, обнаруженным в гранатах, относятся флавоноиды, эллаговая кислота, кониферил, синапил, феруловая кислота, антоцианины, хлорогеновая кислота, кверцетин, эпикатехин, гидролизуемые дубильные вещества и рутин.

Гликозилированные антоцианы, такие как пеларгонидин-3,5-диглюкозид и пеларгонидин-3-глюкозид, идентифицированы в составе цветков граната, в то время как апигенин, пуникалин, лютеолин и пуникалагин присутствуют в листьях, стеблях и корневой системе растения. Плоды и их околоплодник содержат фенольные соединения, дубильные вещества, а также их гидролизуемые формы [3-5].

Фармакологические свойства

Различные части плода граната характеризуются содержанием разнообразных химических веществ в различных концентрациях, включая минеральные элементы, полифенолы, витамины и углеводы. Наличие широкого спектра химических соединений с различными структурными формулами обуславливает многообразие лечебных свойств граната. Гранатовый сок проявляет многочисленные полезные свойства для общего состояния здоровья, включая антиоксидантное, противовоспалительное и антибактериальное действие. Кроме того, он обладает противораковыми и кардиопротекторными свойствами.

Антиоксидантные свойства

Широко распространено мнение, что множество хронических заболеваний связано с воздействием активных форм кислорода (АФК), которые образуются под влиянием ионизирующей радиации, ксенобиотиков или в процессе нормальной жизнедеятельности клеток. Последствия воздействия АФК заключаются в потенциальном повреждении основных биологических молекул, таких как РНК, ДНК, протеины и липиды клеточных мембран, что определяет их деструктивные характеристики. Антиоксиданты, нейтрализуя свободные радикалы путем передачи им электронов и стабилизации, ослабляют это повреждающее воздействие, обеспечивая защиту клеточных компонентов от деградации, вызванной свободными радикалами.

Aloqbi A. и коллеги изучали антиоксидантные свойства пуникалагина (рис. 2), полифенольного дубильного вещества, содержащегося в гранатах, а также антиоксидантные свойства гранатового сока [6].

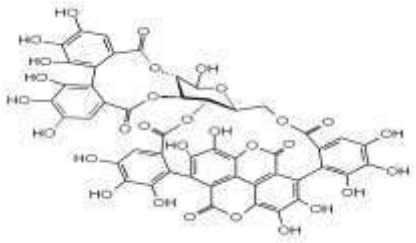


Рисунок 2 – Химическая структура пуникалагина

Использовались различные концентрации (0,05, 0,1 и 0,15 мг/мл) пуникалагина и гранатового сока. Эксперименты по определению активности поглощения свободных радикалов DPPH показали зависимость эффекта от дозы. Гранатовый сок проявлял более выраженное поглощение свободных радикалов в сравнении с пуникалагином при концентрациях 0,1 и 0,15 мг/мл. Исследования механизмов поглощения H_2O_2 пуникалагином и гранатовым соком показали, что их активность варьируется в зависимости от дозировки. Гранатовый сок продемонстрировал значительную способность к поглощению H_2O_2, превосходя пуникалагин при концентрации 0,15 мг/мл ($p < 0,001$). Ингибирование составило 30% для сока граната и 18% для пуникалагина. Кроме того, исследовалась потенциальная способность пуникалагина и гранатового сока выступать в качестве хелатирующих агентов ионов железа (II). Оба вещества продемонстрировали дозозависимое снижение комплекса Fe^{2+}-феррозин в диапазоне концентраций от 0,05 до 0,15 мг/мл. При концентрации 0,15 мг/мл пуникалагин показал значительно большую хелатирующую активность в отношении ионов железа (II) по сравнению с гранатовым соком ($p \leq 0,05$). Оценка восстановительной способности, измеряющей способность биоактивных соединений отдавать электроны, выявила постепенное усиление восстановительной активности как для пуникалагина, так и для гранатового сока по мере увеличения дозировки. Пуникалагин продемонстрировал значительно более высокую восстановительную способность по сравнению с гранатовым соком. Результаты исследований предоставили значимые данные о различных антиоксидантных механизмах пуникалагина и сока граната [6].

Sun Y.Q. и соавторы исследовали in vitro антиоксидантные характеристики пуникалина, пуникалагина и эллаговой кислоты, выделенных из кожуры граната. В ходе исследований изучалась их способность подавлять свободные радикалы, демонстрировать восстановительные свойства, уменьшать перекисное окисление липидов и снижать повреждения, вызванные окислительным стрессом. In vivo исследовалось действие этих полифенолов на мышах. Для оценки антиоксидантной активности in vitro применялись комплексный показатель (перекиси липидов) и три категории свободных радикалов: DPPH (форма реактивных азотистых соединений), O^{2-} (различные реактивные кислородные соединения) и Fe^{3+} (тип металлического иона с высокой реакционной способностью). Эллаговая кислота, пуникалин и пуникалагин показали более высокую активность по сравнению с тролоксом в тестах на поглощение DPPH и FRAP. Пуникалагин и пуникалин продемонстрировали значительно более высокую активность против супероксид-аниона по сравнению с тролоксом и эллаговой кислотой, в то время как тролокс превзошел эти три соединения по ингибированию перекисного окисления липидов. Мышам BALB/c (in vivo), подвергшимся окислительному стрессу, вызванному окисленным рыбьим жиром, вводили пуникалагин, пуникалин или эллаговую кислоту в дозе 10 мг/кг/день в течение 21 дня. Введение эллаговой кислоты мышам, подвергшимся окислительному стрессу, привело к улучшению общего уровня антиоксидантной способности в кишечнике, плазме и печени. Это также повысило активность супероксиддисмутазы (СОД) в печени и кишечнике, а также увеличило активность глутатионпероксидазы (GSH-Px) в кишечнике. Кроме того, эллаговая кислота эффективно снижала уровень малонового диальдегида (МДА) в плазме, печени и кишечнике, а также подавляла экспрессию мРНК провоспалительных маркеров (TNF-α, IFN-γ и IL-6). Лечение пуникалином и пуникалагином повысило активность СОД и ГШ-Пх в кишечнике, что сопровождалось снижением содержания МДА и уменьшением экспрессии мРНК ФНО-α и ИЛ-6 в кишечнике [7].

Chaabna N. и соавторы исследовали содержание фенольных соединений и оценили антиоксидантную, антихолинэстеразную и антибактериальную активность кожуры граната, собранной в восточном регионе Алжира. Гидроэтанольный экстракт кожуры граната был разделен на фракции, после чего оценивались биологические функции этилацетатной и н-бутанольной фракций. Для оценки антиоксидантной активности использовались различные методы анализа, включая DPPH, ABTS, CUPRAC, фенантролин и тест на восстановительную способность. Результаты показали, что этилацетатная и н-бутанольная фракции содержат значительные концентрации фенолов, флавоноидов, флавонолов и дубильных веществ. Кроме того, эти фракции продемонстрировали значительные способности в снижении окисления даже при низких концентрациях, превосходя по эффективности антиоксиданты, такие как аскорбиновая кислота и тролокс. Фракции из кожуры граната были протестированы для оценки их способности ингибировать ацетилхолинэстеразу (АХЭ) и бутирилхолинэстеразу (БХЭ) в сравнении с

галантамином. Среди этих фракций этилацетат продемонстрировал наиболее существенный ингибирующий эффект в отношении АХЭ, со значением IC50 76,51±3,32 мкг/мл, в отличие от н-бутанола - IC50 150,17±5,00 мкг/мл. Обе фракции, этилацетат и н-бутанол, продемонстрировали ингибирование БХЭ, при этом н-бутанол был более эффективным (IC50: 119,15±5,87 мкг/мл), чем этилацетат (IC50: 143,30±24,18 мкг/мл) [8].

Противовоспалительные свойства

Воспаление – это важный защитный механизм организма в ответ на инфекции или повреждения, направленный на локализацию патогенных факторов и стимуляцию восстановления тканей. Этот процесс включает в себя взаимодействие различных клеток и медиаторов, которые регулируют хемотаксис, миграцию и пролиферацию клеток. Уролитины, продукты метаболизма граната, проявляют выраженные противовоспалительные свойства. Эллаговая кислота и эллагитаннины, содержащиеся в гранате, под воздействием кишечной микробиоты трансформируются в уролитины (рис. 3). Флавоноиды, такие как процианидин в соке граната, а также кемпферол и лютеолин в его кожуре, обладают значительной противовоспалительной активностью, что подтверждается фармакокинетическими исследованиями [9].

Исследования показали, что экстракты кожуры граната (Punica granatum L.) оказывают противовоспалительное действие при местном применении на коже ex vivo. В ходе экспериментов использовались различные тестовые растворы, включающие общее содержание дубильных веществ в гранате (TPT), фракция, не содержащая дубильных веществ (TFF), экстракт кожуры граната (PRE) и сульфат цинка ($ZnSO_4$). Растворы вводили в дозе 0,1 мг/мл в фталатном буфере при pH 4,5. Оценка противовоспалительного эффекта осуществлялась с помощью иммуногистохимии и вестерн-блоттинга. Экспрессия циклооксигеназы-2 (COX-2), фермента, участвующего в синтезе простагландинов при воспалении, измерялась методом вестерн-блоттинга [10, 11].

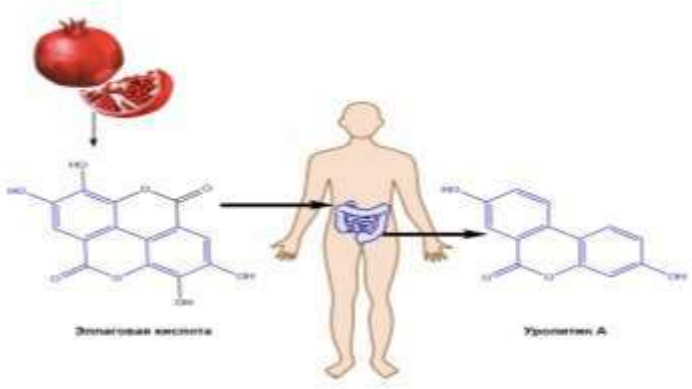


Рисунок 3 – Трансформация эллаговый кислоты, содержащиеся в гранате, под воздействием кишечной микробиоты в уролитин А

Сравнение воздействия экстракта кожуры граната и сульфата цинка, в сочетании с применением только экстракта кожуры граната, выявило статистически сопоставимое снижение экспрессии COX-2. Применение одного лишь сульфата цинка не оказало значимого эффекта. Отсутствие изменений при использовании TFF указывает на то, что основные противовоспалительные свойства связаны с танинами. TPT значительно снизил экспрессию COX-2 на 40,5%, превзойдя PRE на 26%, независимо от наличия ZnSO4. Наиболее выраженное снижение наблюдалось при использовании неизмененного экстракта PRE, тогда как TPT проявлял меньшую противовоспалительную активность. Это подчеркивает роль дубильных веществ, особенно пуникалагина, в регуляции воспаления в модели кожи ex vivo. Иммуногистохимические исследования показали, что местное применение TPT и PRE снижает экспрессию COX-2 и влияет на воспалительный процесс, связанный с арахидоновой кислотой. Это снижение становилось статистически значимым через 6 часов и сохранялось в течение 24 часов, что указывает на проникновение PRE и TPT в кожу, несмотря на их большие молекулярные размеры. Добавление ZnSO4 к PRE не изменило результаты, подтверждая отсутствие влияния цинка [12].

Антираковый потенциал граната

Научные изыскания указывают на возможность применения граната в качестве профилактического и терапевтического средства при некоторых онкологических заболеваниях, включая рак молочной железы, простаты, легких и кожи. Гранат может воздействовать на опухоли, ограничивая их кровоснабжение, что приводит к дефициту питательных веществ и уменьшению размеров новообразований. Кроме того, отмечается способность граната замедлять деление раковых клеток и стимулировать апоптоз, процесс программируемой клеточной гибели.

В частности, исследование, проведенное Li Y. и коллегами, выявило выраженное противоопухолевое и антиметастатическое действие экстракта кожуры граната на клетки рака щитовидной железы. В ходе экспериментов in vitro клетки линий BCPAP и TPC-1 подвергались воздействию

различных концентраций экстракта кожуры граната (от 0 мкг/мл до 200 мкг/мл). Исследования in vivo включали введение экстракта кожуры граната в физиологическом растворе в дозировках 125 мг/кг и 62,5 мг/кг массы тела. Методом высокоэффективной жидкостной хроматографии были идентифицированы пуникалагин и эллаговая кислота. Обработка экстрактом кожуры граната в концентрациях 100-200 мкг/мл ингибировала пролиферацию клеток TPC-1, а обработка 200 мкг/мл заметно снижала пролиферацию BCPAP. Также было установлено, что экстракт кожуры граната индуцирует апоптоз в клетках рака щитовидной железы, вызывая фрагментацию ядра, уменьшение размеров клеток и формирование ядер с ярко-синей флуоресценцией. Помимо этого, экстракт кожуры граната существенно снижал экспрессию матриксной металлопротеиназы-9, что приводило к уменьшению подвижности и инвазии клеток рака щитовидной железы [13].

В исследовании, проведенном Peng S.Y. и коллегами, оценивалась способность экстракта граната ингибировать рост клеток рака полости рта человека (линии Ca9-22, HSC-3 и OC-2) и выяснялись лежащие в основе этого механизма процессы. Экстракт граната содержит эллагитаннины, включая пуникалагин и пуникалин, а также эллаговую кислоту. В экспериментах использовались различные концентрации экстракта (0, 50 и 100 мкг/мл). Было показано, что полифенольный экстракт граната обладает антипролиферативными свойствами, вызывает митохондриальную дисфункцию, повреждение ДНК, апоптоз и окислительный стресс в клетках различных типов рака полости рта. Воздействие экстракта приводило к снижению митохондриальной массы, определяемой с помощью Mito tracker. Также было установлено, что изменения в количестве копий митохондриальной ДНК могут регулировать апоптоз. Кроме того, обработка экстрактом граната повышала окислительный стресс, уменьшала количество копий мтДНК и вызывала апоптоз в раковых клетках. Помимо этого, воздействие экстрактом граната приводило к митохондриальному делению и гибели клеток рака полости рта путем апоптоза, поскольку экстракт граната подавлял митохондриальный биогенез и рост митохондрий [14].

Кардиопротекторные свойства

Болезни сердца и сосудов представляют собой группу заболеваний, поражающих сердечную мышцу и кровеносные сосуды, что делает их ведущей причиной смертности в глобальном масштабе. К ключевым факторам риска развития сердечно-сосудистых заболеваний относятся избыточная масса тела, повышенное артериальное давление, увеличение концентрации общего холестерина и липопротеинов низкой плотности в сыворотке крови, а также снижение уровня липопротеинов высокой плотности.

В клинических исследованиях изучалось влияние гранатового сока на пациентов с ишемической болезнью сердца с точки зрения кардиопротекции. Сто пациентов с подтвержденным диагнозом нестабильной стенокардии или инфаркта миокарда были рандомизированы в две группы: экспериментальную и контрольную (по 50 человек в каждой). В течение пяти дней госпитализации участники экспериментальной группы ежедневно получали 220 мл гранатового сока в дополнение к стандартной медикаментозной терапии. В процессе наблюдения оценивались такие параметры, как частота сердечных сокращений, артериальное давление, интенсивность стенокардии и концентрация сывороточных маркеров, включая фактор некроза опухоли альфа, интерлейкин-6 и малоновый диальдегид. У пациентов, перенесших инфаркт миокарда, также определяли уровень тропонина и высокочувствительного С-реактивного белка. Анализ методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с масс-спектрометрией показал, что основными полифенольными соединениями в гранатовом соке являлись эллаговая кислота, галловая кислота, пуникалагин, галлагиновая кислота и пуникалин. У пациентов с нестабильной стенокардией было установлено, что употребление гранатового сока оказывает защитное действие, снижая частоту, интенсивность и продолжительность приступов стенокардии. У пациентов с инфарктом миокарда, получавших гранатовый сок, было зафиксировано статистически значимое снижение уровня тропонина в сыворотке крови. Кроме того, у этих пациентов наблюдалось значительное уменьшение концентрации малонового диальдегида в сыворотке крови, что указывает на возможную роль выраженных антиоксидантных свойств гранатового сока в защите от повреждений, вызванных ишемией и реперфузией [15].

Атеросклероз является преобладающей причиной сердечно-сосудистых заболеваний. Этот системный патологический процесс характеризуется накоплением липидных отложений, клеток воспаления и фиброзной ткани в стенках артерий. Имеются данные, подтверждающие эффективность экстракта граната в снижении ряда факторов риска развития ишемической болезни сердца, включая физиологические и морфологические проявления атеросклероза при данном заболевании. В частности, было установлено, что стандартизованный гидроэтанольный экстракт кожуры граната, богатый полифенолами, защищает мышей линии Apoe-/-, находящихся на западной диете, от развития прогрессирующего атеросклероза. В экспериментах использовались восьминедельные самцы и самки мышей Apoe-/- с атеросклерозом, разделенные на две группы по пять особей каждого пола в каждой группе. Животные получали западную диету с высоким содержанием жиров и холестерина, а также подвергались лечению в течение 12 недель. Одна группа ежедневно перорально получала 200 мг/кг экстракта кожуры граната, в то время как контрольная группа получала водный раствор. Количественный анализ фенольных соединений выявил наличие п-кумаровой кислоты, хлорогеновой кислоты, галловой кислоты, кофейной кислоты, пуникалагина А и пуникалагина В. У мышей, получавших экстракт кожуры граната, наблюдался значительно более

низкий уровень глюкозы в крови и улучшенная толерантность к глюкозе по сравнению с контрольной группой. Кроме того, у этих мышей было отмечено существенное снижение концентрации общего холестерина и триглицеридов в плазме крови. Некроз бляшек, являющийся критическим фактором, связанным с разрывом бляшек и клиническими проявлениями инфаркта миокарда и инсульта, был значительно менее выражен у мышей, получавших экстракт кожуры граната. Также у этих животных наблюдалось увеличение содержания коллагена в очагах поражения, что ассоциируется с улучшением сердечно-сосудистых показателей и стабилизацией бляшек. У мышей, получавших экстракт кожуры граната, отмечалось снижение уровня провоспалительного цитокина TNF (фактора некроза опухоли) и увеличение экспрессии противовоспалительного цитокина IL-10 (интерлейкина-10), что свидетельствует об уменьшении общего системного воспаления. Более того, у мышей, получавших экстракт кожуры граната, наблюдалось заметное повышение эффективности эфероцитоза очагов поражения, что связано с успешным удалением апоптотических клеток путем фагоцитоза [16].

Антидиабетические свойства

Многочисленные исследования подтверждают, что плоды, богатые полифенолами и антиоксидантами, в частности гранат, стимулируют секрецию инсулина бета-клетками, что было продемонстрировано в экспериментах на животных. Антидиабетические свойства граната также изучались в рамках клинических испытаний с участием людей. Установлено, что пуническая кислота, а также метанольные экстракты, полученные из семян и кожуры граната, способствуют снижению уровня глюкозы в крови натощак у пациентов с сахарным диабетом после приема гранатового сока.

В исследовании Amri Z. и коллег рассматривалось влияние длительного (12-недельного) применения экстрактов листьев граната (ЭЛГ), гранатового сока (ГС) и гранатовой кожуры (ГК) на самцов крыс линии Wistar, подвергавшихся диете с повышенным содержанием фруктозы и жиров. Основной целью являлась оценка изменений в толерантности к глюкозе, чувствительности к инсулину, маркерах окислительного стресса в печени, а также активности ключевых ферментов, таких как α-амилаза и липаза. Результаты показали, что применение гранатового сока, кожуры и листьев привело к существенному снижению концентрации глюкозы и инсулина в плазме крови натощак. Как следствие, индекс инсулинорезистентности (HOMA-IR) значительно уменьшился: на 50% для экстрактов сока и листьев и на 39,1% для экстракта кожуры, что свидетельствует о заметном повышении чувствительности к инсулину, вызванном всеми тремя экстрактами граната [17].

Более того, пероральное введение гранатового сока, кожуры и листьев вызвало значительное снижение активности α-амилазы на 30%, 50% и 49% соответственно, по сравнению с группой, получавшей диету с высоким содержанием фруктозы и жиров. Кроме того, употребление данных экстрактов граната продемонстрировало способность уменьшать перекисное окисление липидов и карбонилирование белков. Экстракты также значительно повысили уровни печеночных антиоксидантных ферментов, таких как супероксиддисмутаза (СОД) и глутатионпероксидаза (ГПх), в группах, получавших лечение. Данное исследование подчеркивает антидиабетический потенциал экстрактов граната и указывает на связь между потреблением экстрактов листьев, сока и кожуры граната с улучшением толерантности к глюкозе, чувствительности к инсулину и снижением маркеров окислительного стресса. Результаты указывают на разнообразие биологически активных соединений, присутствующих в гранатах, и их потенциальное влияние на различные аспекты терапии диабета.

Антимикробные свойства

Выраженные антиоксидантные свойства этого плода дополняются антибактериальным эффектом, который в значительной степени обусловлен присутствием дубильных веществ. Исследования показали, что экстракты сока из кожуры граната способны подавлять рост различных патогенных бактерий, включая *Pseudomonas aeruginosa, Escherichia coli, Listeria monocytogenes, Salmonella spp.* и *Staphylococcus aureus*.

В частности, изучалась антимикробная активность гранатового сока и экстрактов из несъедобной кожуры, полученных с использованием метанола и воды. Также оценивалось влияние четырех полифенольных соединений, а именно кофеиновой кислоты, кверцетина, эпигаллокатехин-3-галлата и эллаговой кислоты, на клинические изоляты, устойчивые к антибиотикам.

Исследование Dey D. и др. выявило, что минимальная ингибирующая концентрация (МИК) питьевого сока составляла от 256 до >1024 мкг/мл, в то время как для экстрактов кожуры этот показатель варьировался в пределах 64–1024 мкг/мл. Наиболее эффективными оказались кверцетин и эпигаллокатехин галлат (МИК 64-256 мкг/мл), а кофейная и эллаговая кислоты обладали умеренной эффективностью (МИК 128-512 мкг/мл) против изолятов K. pneumoniae, продуцирующих ESBL и карбапенемазы типа KPC. Экстракты околоплодника граната, полученные с использованием метанола и воды, продемонстрировали более выраженные противотуберкулезные свойства (МИК 64-512 и 64-1024 г/мл соответственно), в отличие от лиофилизированного сока (МИК 256->1024 мг/мл) [18].

В исследовании Ali A. и др. были разработаны пленки на основе крахмала с добавлением кожуры граната, выступающей в роли армирующего и антибактериального компонента. Пленки, содержащие кожуру граната, показали большие зоны ингибирования против S. aureus по сравнению с Salmonella. Предполагается, что фенольная токсичность, взаимодействующая с сульфгидрильными группами белков в

микроорганизмах, может быть одним из механизмов антимикробного действия частиц кожуры граната [19].

Chaabna N. и др. выявили значительные антибактериальные свойства фракций н-бутанола и этилацетата из кожуры граната, которые показали многообещающие результаты против Staphylococcus aureus, Bacillus cereus и Pseudomonas aeruginosa. In vitro эксперименты показали, что водно-спиртовой экстракт кожуры граната эффективно блокирует взаимодействие между гликопротеином S вируса SARS-CoV-2 и ACE2, что указывает на потенциальную возможность предотвращения проникновения вируса SARS-CoV-2 в клетки хозяина [20].

Указанные исследования подчеркивают антибактериальный потенциал фракций кожуры граната. Кроме того, водно-спиртовой экстракт кожуры граната способен предотвращать проникновение SARS-CoV-2 в клетки. В совокупности, эти результаты свидетельствуют о многогранных антибактериальных свойствах граната, открывая перспективы для более широкого применения этого растения.

Заключение. Рост распространенности болезней, связанных с образом жизни, стимулировал повышенный интерес потребителей к продуктам, богатым нутриентами и обладающим терапевтическим эффектом, как к средству профилактики этих состояний. Гранат, благодаря своим многочисленным полезным свойствам, был квалифицирован как "суперфрукт". Традиционное применение граната в медицине подчеркивает его фармакологическую ценность. Фармакологические исследования продемонстрировали существенное воздействие граната как антиоксиданта, средства для борьбы с диабетом, антимикробного, противоракового, противовоспалительного и кардиопротекторного агента. Биологически активные компоненты, содержащиеся как в съедобных, так и в несъедобных частях граната, определяют его полезные свойства. Каждый биоактивный компонент обладает уникальным механизмом действия. Наличие этих соединений в гранате способствовало его использованию в производстве разнообразных продуктов с добавленной стоимостью.

В будущем открываются широкие перспективы для применения потенциала гранатов и их биологически активных веществ в различных сферах. Экстракты граната могут быть включены в функциональные продукты питания, напитки и диетические добавки, разработанные с учетом индивидуальных потребностей в области здоровья, поскольку потребительское внимание к здоровью и благополучию продолжает расти.

Ожидается, что данная тенденция будет способствовать дальнейшему исследованию сложных механизмов действия полезных для здоровья свойств различных компонентов граната, что в будущем может привести к разработке целевых методов лечения широкого спектра заболеваний. Антимикробные свойства граната, обеспечиваемые такими соединениями, как пуникалагины и эллаговая кислота, выходят за рамки пищевой ценности, предлагая возможности для создания натуральных решений в области консервации пищевых продуктов. В условиях растущего спроса на прозрачную маркировку и экологически чистые ингредиенты экстракты граната могут стать эффективной заменой синтетическим консервантам, увеличивая срок хранения продукции и соответствуя принципам устойчивого развития.

Универсальность биологически активных соединений граната может быть применена в инновационных областях, таких как нанокапсулирование и нанодоставка, с целью повышения биодоступности соединений и обеспечения контролируемого высвобождения в пищевой и фармацевтической промышленности. Более того, синергическое взаимодействие граната с другими натуральными компонентами или фармацевтическими препаратами может способствовать разработке инновационных комбинированных методов лечения, предлагая новые подходы к борьбе с различными заболеваниями. Находясь на пересечении здравоохранения, пищевых инноваций и устойчивого развития, гранат готов сыграть ключевую роль в создании персонализированного питания и экологически ответственного производства продуктов питания.

Работа выполнена учеными университета в рамках Госзадания МСХ РФ 2026г.

Список литературы

1. Septembre-Malaterre A., Remize F., Poucheret P. Fruits and vegetables, as a source of nutritional compounds and phytochemicals: Changes in bioactive compounds during lactic fermentation // Food Res. Int. – 2018. – № 104. – P. 86-99.

2. Siriwardhana N., Kalupahana N.S., Cekanova M., LeMieux M., Greer, B., Moustaid-Moussa N. Modulation of adipose tissue inflammation by bioactive food compounds // J. Nutr. Biochem. – 2013. – № 24(4). – P. 613-623.

3. Jacob J., Rajiv P., Gopalan R., Lakshmanaperumalsamy P. An Overview of Phytochemical and pharmacological potentials of Punica granatum L. // Pharmacogn. J. – 2019. – № 11(5). – P. 1167-1171.

4. Ranjha M.M.A.N., Shafique B., Wang L., Irfan S., Safdar M.N., Murtaza M.A., Nadeem M., Mahmood S., Mueen-ud-Din G., Nadeem H.R. A comprehensive review on phytochemistry, bioactivity and medicinal value of bioactive compounds of pomegranate (Punica granatum) // Adv. Tradit. Med. – 2021. – № 23. – P. 37-57.

5. Khwairakpam A.D., Bordoloi D., Thakur K.K., Monisha J., Arfuso F., Sethi G., Mishra S., Kumar A.P., Kunnumakkara A.B. Possible use of Punica granatum (Pomegranate) in cancer therapy // Pharmacol. Res. – 2018. – № 133. – P. 53-64.

6. Aloqbi A., Omar U., Yousr M., Grace M., Lila M.A., Howell N. Antioxidant activity of pomegranate juice and punicalagin // Nat Sci. – 2016. – № 8(06). – P. 235.

7. Sun Y.Q., Xin T.A.O., Men X.M., Xu Z.W., Tian W. In vitro and in vivo antioxidant activities of three major polyphenolic compounds in pomegranate peel: Ellagic acid, punicalin, and punicalagin // J. Integr. Agric. – 2017. – № 16(8). – P. 1808-1818.

8. Chaabna N., Naili O., Ziane N., Bensouici C., Dahamna S., Harzallah D. In vitro Antioxidant, anti-Alzheimer and Antibacterial Activities of Ethyl acetate and n-Butanol Fractions of Punica granatum Peel from Algeria // Trop J Nat Prod Res. – 2023. – № 7(7). – P. 3470-3477.

9. Zhao R., Long X., Yang J., Du L., Zhang X., Li J., Hou C. Pomegranate peel polyphenols reduce chronic low-grade inflammatory responses by modulating gut microbiota and decreasing colonic tissue damage in rats fed a high-fat diet // Food Funct. – 2019. – № 10. – P. 8273–8285.

10. Selma M.V., Beltrán D., Luna M.C., Romo-Vaquero M., García-Villalba R., Mira A., Espín J.C., Tomás-Barberán F.A. Isolation of human intestinal bacteria capable of producing the bioactive metabolite Isourolithin A from ellagic acid // Front. Microbiol. – 2017. – № 8. – P. 1521.

11. Houston D.M., Bugert J., Denyer S.P., Heard C.M. Antiinflammatory activity of Punica granatum L.(Pomegranate) rind extracts applied topically to ex vivo skin // Eur. J. Pharm. Biopharm. – 2017. – № 112. – P. 30-37.

12. Pepe G., Rapa S.F., Salviati E., Bertamino A., Auriemma G., Cascioferro S., Autore G., Quaroni A., Campiglia P., Marzocco S. Bioactive polyphenols from pomegranate juice reduce 5-fluorouracil-induced intestinal mucositis in intestinal epithelial cells // Antioxidants. – 2020. – № 9(8). – P. 699.

13. Li Y., Ye T., Yang F., Hu M., Liang L., He H., Li Z., Zeng A., Li Y., Yao Y., Xie Y. Punica granatum (pomegranate) peel extract exerts potent antitumor and anti-metastasis activity in thyroid cancer // RSC Adv. – 2016. – № 6(87). – P. 84523-84535.

14. Peng S.Y., Lin L.C., Chen S.R., Farooqi A.A., Cheng Y.B., Tang J.Y., Chang H.W. Pomegranate extract (POMx) induces mitochondrial dysfunction and apoptosis of oral cancer cells // Antioxidants. – 2021. – № 10(7). – P. 1117.

15. Razani Z., Dastani M., Kazerani H.R. Cardioprotective effects of pomegranate (Punica granatum) juice in patients with ischemic heart disease // Phytother. Res. – 2017. – № 31(11). – P. 1731-1738.

16. Manickam V., Dhawan U.K., Singh D., Gupta M., Subramanian M. Pomegranate Peel Extract Decreases Plaque Necrosis and Advanced Atherosclerosis Progression in Apoe-/-Mice // Front. Pharmacol. – 2022. – № 13. – P. 888300.

17. Amri Z., Ben Khedher M.R., Zaibi M.S., Kharroubi W., Turki M., Ayadi F., Hammami M. Anti-diabetic effects of pomegranate extracts in long-term high fructose-fat fed rats // Clin Phytoscience. – 2020. – № 6(1). – P. 1-9.

18. Dey D., Ray R., Hazra B. Antimicrobial activity of pomegranate fruit constituents against drug-resistant Mycobacterium tuberculosis and β-lactamase producing Klebsiella pneumonia // Pharm. Biol. – 2015. – № 53(10). – P. 1474-1480.

19. Ali A., Chen Y., Liu H., Yu L., Baloch Z., Khalid S., Zhu J., Chen L. Starch-based antimicrobial films functionalized by pomegranate peel // Int. J. Biol. Macromol. – 2019. – P. 129. – P.1120-1126.

20. Chaabna N., Naili O., Ziane N., Bensouici C., Dahamna S., Harzallah D. In vitro Antioxidant, anti-Alzheimer and Antibacterial Activities of Ethyl acetate and n-Butanol Fractions of Punica granatum Peel from Algeria // Trop J Nat Prod Res. – 2023. – P. 7(7). – P. 3470-3477.

References

1. Septembre-Malaterre A., Remize F., Poucheret P. Fruits and vegetables, as a source of nutritional compounds and phytochemicals: Changes in bioactive compounds during lactic fermentation // Food Res. Int. – 2018. – № 104. – P. 86-99.

2. Siriwardhana N., Kalupahana N.S., Cekanova M., LeMieux M., Greer, B., Moustaid-Moussa N. Modulation of adipose tissue inflammation by bioactive food compounds // J. Nutr. Biochem. – 2013. – № 24(4). – P. 613-623.

3. Jacob J., Rajiv P., Gopalan R., Lakshmanaperumalsamy P. An Overview of Phytochemical and pharmacological potentials of Punica granatum L. // Pharmacogn. J. – 2019. – № 11(5). – P. 1167-1171.

4. Ranjha M.M.A.N., Shafique B., Wang L., Irfan S., Safdar M.N., Murtaza M.A., Nadeem M., Mahmood S., Mueen-ud-Din G., Nadeem H.R. A comprehensive review on phytochemistry, bioactivity and medicinal value of bioactive compounds of pomegranate (Punica granatum) // Adv. Tradit. Med. – 2021. – № 23. – P. 37-57.

5. Khwairakpam A.D., Bordoloi D., Thakur K.K., Monisha J., Arfuso F., Sethi G., Mishra S., Kumar A.P., Kunnumakkara A.B. Possible use of Punica granatum (Pomegranate) in cancer therapy // Pharmacol. Res. – 2018. – № 133. – P. 53-64.

6. Aloqbi A., Omar U., Yousr M., Grace M., Lila M.A., Howell N. Antioxidant activity of pomegranate juice and punicalagin // Nat Sci. – 2016. – № 8(06). – P. 235.

7. Sun Y.Q., Xin T.A.O., Men X.M., Xu Z.W., Tian W. In vitro and in vivo antioxidant activities of three major polyphenolic compounds in pomegranate peel: Ellagic acid, punicalin, and punicalagin // J. Integr. Agric. – 2017. – № 16(8). – P. 1808-1818.

8. Chaabna N., Naili O., Ziane N., Bensouici C., Dahamna S., Harzallah D. In vitro Antioxidant, anti-Alzheimer and Antibacterial Activities of Ethyl acetate and n-Butanol Fractions of Punica granatum Peel from Algeria // Trop J Nat Prod Res. – 2023. – № 7(7). – P. 3470-3477.

9. Zhao R., Long X., Yang J., Du L., Zhang X., Li J., Hou C. Pomegranate peel polyphenols reduce chronic low-grade inflammatory responses by modulating gut microbiota and decreasing colonic tissue damage in rats fed a high-fat diet // Food Funct. – 2019. – № 10. – P. 8273–8285.

10. Selma M.V., Beltrán D., Luna M.C., Romo-Vaquero M., García-Villalba R., Mira A., Espín J.C., Tomás-Barberán F.A. Isolation of human intestinal bacteria capable of producing the bioactive metabolite Isourolithin A from ellagic acid // Front. Microbiol. – 2017. – № 8. – P. 1521.

11. Houston D.M., Bugert J., Denyer S.P., Heard C.M. Antiinflammatory activity of Punica granatum

L.(Pomegranate) rind extracts applied topically to ex vivo skin // Eur. J. Pharm. Biopharm. – 2017. – № 112. – P. 30-37.

12. Pepe G., Rapa S.F., Salviati E., Bertamino A., Auriemma G., Cascioferro S., Autore G., Quaroni A., Campiglia P., Marzocco S. Bioactive polyphenols from pomegranate juice reduce 5-fluorouracil-induced intestinal mucositis in intestinal epithelial cells // Antioxidants. – 2020. – № 9(8). – P. 699.

13. Li Y., Ye T., Yang F., Hu M., Liang L., He H., Li Z., Zeng A., Li Y., Yao Y., Xie Y. Punica granatum (pomegranate) peel extract exerts potent antitumor and anti-metastasis activity in thyroid cancer // RSC Adv. – 2016. – № 6(87). – P. 84523-84535.

14. Peng S.Y., Lin L.C., Chen S.R., Farooqi A.A., Cheng Y.B., Tang J.Y., Chang H.W. Pomegranate extract (POMx) induces mitochondrial dysfunction and apoptosis of oral cancer cells // Antioxidants. – 2021. – № 10(7). – P. 1117.

15. Razani Z., Dastani M., Kazerani H.R. Cardioprotective effects of pomegranate (Punica granatum) juice in patients with ischemic heart disease // Phytother. Res. – 2017. – № 31(11). – P. 1731-1738.

16. Manickam V., Dhawan U.K., Singh D., Gupta M., Subramanian M. Pomegranate Peel Extract Decreases Plaque Necrosis and Advanced Atherosclerosis Progression in Apoe-/-Mice // Front. Pharmacol. – 2022. – № 13. – P. 888300.

17. Amri Z., Ben Khedher M.R., Zaibi M.S., Kharroubi W., Turki M., Ayadi F., Hammami M. Anti-diabetic effects of pomegranate extracts in long-term high fructose-fat fed rats // Clin Phytoscience. – 2020. – № 6(1). – P. 1-9.

18. Dey D., Ray R., Hazra B. Antimicrobial activity of pomegranate fruit constituents against drug-resistant Mycobacterium tuberculosis and β-lactamase producing Klebsiella pneumonia // Pharm. Biol. – 2015. – № 53(10). – P. 1474-1480.

19. Ali A., Chen Y., Liu H., Yu L., Baloch Z., Khalid S., Zhu J., Chen L. Starch-based antimicrobial films functionalized by pomegranate peel // Int. J. Biol. Macromol. – 2019. – P. 129. – P.1120-1126.

20. Chaabna N., Naili O., Ziane N., Bensouici C., Dahamna S., Harzallah D. In vitro Antioxidant, anti-Alzheimer and Antibacterial Activities of Ethyl acetate and n-Butanol Fractions of Punica granatum Peel from Algeria // Trop J Nat Prod Res. – 2023. – P. 7(7). – P. 3470-3477.

10.52671/26867591_2026_1_270
УДК 641.514.6.06

АНАЛИЗ И КЛАССИФИКАЦИЯ ПРОТИРОЧНЫХ МАШИН, ПУТИ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА

ИСРИГОВА Т.А.[1], д-р с.-х. наук, профессор
ЛУКИН А.А.[2], канд. техн. наук, доцент
ШТРИККЕР Л.А.[2], ассистент
ГАДЖИЕВ А.Г.[1], аспирант
ХИРИЕВ М.М.[1], аспирант
[1]ФГБОУ ВО Дагестанский ГАУ, г. Махачкала, Россия
[2]ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет, г. Челябинск, Росия

ANALYSIS AND CLASSIFICATION OF PULPING MACHINES, WAYS TO OPTIMIZE THEIR OPERATION PROCESSES AND INCREASING PRODUCTION EFFICIENCY

ISRIGOVA T.A.[1], Doctor of Agricultural Sciences, Professor
LUKIN A.A.[2], Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
SHTRIKKER L.A.[2], assistant
GADZHIEV A.G.[1], postgraduate student
HIRIYEV M.M.[1], postgraduate student
[1]Dagestan State Agrarian University, Makhachkala, Russia
[2]South Ural State Agrarian University, Chelyabinsk, Russia

Аннотация. Статья посвящена исследованию и классификации протирочных машин, используемых в пищевой промышленности для измельчения, гомогенизации и удаления примесей из мягких фракций пищевых продуктов. Рассматриваются конструкции различных типов протирочных машин, включая одношнековые и многошнековые устройства, используемые для переработки овощей и фруктов в соки, пасты, пюре и другие виды готовой продукции.

Описаны преимущества и недостатки каждого типа оборудования, акцентируя внимание на шнековых моделях, обладающих высокими показателями производительности и универсальности. Вместе с тем подчеркивается сложность их конструкции и необходимость регулярного технического обслуживания для поддержания эффективности.

Отдельно рассматриваются факторы, влияющие на качество и количество выпускаемого продукта, такие как износ оборудования, выбор оптимального размера сит и правильная настройка скорости вращения рабочих органов. Особое внимание уделено проблемам, возникающим при эксплуатации протирочных машин — забиванию отверстий сит, снижению производительности и ухудшению качества продукта, приводятся

возможные решения этих проблем.

Приведены конкретные примеры улучшения конструкций и методов эксплуатации протирочных машин, разработанных в Южном Урале, демонстрируя потенциал оптимизации процессов переработки сырья для достижения высоких стандартов качества и увеличения экономической эффективности производства.

Таким образом, статья представляет собой всесторонний обзор современного состояния технологий переработки мягкого растительного сырья и предлагает пути дальнейшего совершенствования производственных линий с использованием современных протирочных машин.

Ключевые слова: протирочные машины, классификация, производительность, техническое обслуживание, настройка скорости вращения, износ оборудования, технологические процессы

Abstract. *This article is devoted to the study and classification of pulping machines used in the food industry for grinding, homogenizing, and removing impurities from soft food fractions. The designs of various types of pulping machines are examined, including single- and multi-auger devices used to process vegetables and fruits into juices, pastes, purees, and other types of finished products.*

The advantages and disadvantages of each type of equipment are described, with a focus on auger models, which offer high productivity and versatility. At the same time, the complexity of their design and the need for regular maintenance to maintain efficiency are emphasized.

Factors affecting the quality and quantity of the final product are considered separately, such as equipment wear, selection of optimal sieve size, and proper adjustment of the rotation speed of the working parts. Particular attention is paid to problems that arise during the operation of pulping machines, such as clogging of sieve holes, decreased productivity, and deterioration in product quality, and possible solutions to these problems are provided. Specific examples of improved designs and operating methods for pulping machines developed in the Southern Urals are presented, demonstrating the potential for optimizing raw material processing to achieve high quality standards and increase production efficiency.

Thus, the article provides a comprehensive overview of the current state of soft plant material processing technologies and suggests ways to further improve production lines using modern pulping machines.

Keywords: *wiping machines, classification, performance, maintenance, speed adjustment, equipment wear, technological processes*

Введение. В современном производстве, где требования к качеству и эффективности постоянно растут, протирочные машины играют ключевую роль. Протирочные машины используются для измельчения, гомогенизации и отделения нежелательных примесей от мягкой фракции. Они обеспечивают однородную консистенцию протираемого сырья для дальнейшей переработки в соки, джемы, паштеты, пюре, консервы, вина, пасты, соусы и другие продукты питания [1,5]. Протирочные машины иногда называют «пульперами» или «финишерами».

Протирочные машины представляют собой разнообразный класс оборудования, который различается по конструкции, принципу действия, по назначению, по применяемому сырью, по способу воздействия на протираемый продукт, по количеству степеней обработки, по форме сит, по форме барабанов (рисунок 1) [2,6].

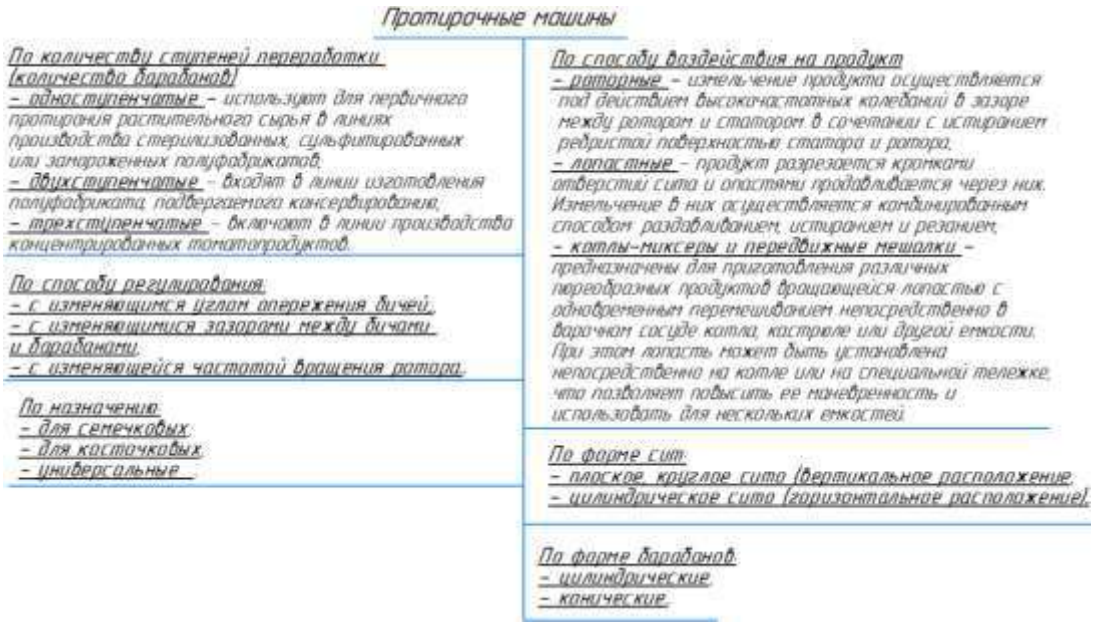


Рисунок 1 – Классификация протирочных машин

Материалы и методы исследований.

В этой статье были проанализированы основные статьи, использованные для написания этого обзора, которые были найдены в базе данных eLibrary, Scopus, Google Scholar и Web of Science.

Результаты исследования.

Шнековые протирочные машины имеют большее преимущество так как обладают высокой производительностью, эффективным протиранием и подходят для более широкого спектра сырья. Однако у них достаточно сложная конструкция, которая требует более тщательного технического обслуживания. Многие модели позволяют регулировать частоту вращения рабочего органа, давление в рабочей зоне, а также контролировать и регулировать размер отверстий сита, что позволяет адаптировать машину под разные типы сырья и требования консистенции конечного продукта. Шнековые протирочные машины позволяют организовать непрерывный процесс переработки сырья, что повышает эффективность производства [7-9].

Модификация шнековых протирочных машин включает в себя одношнековые машины и двушнековые (многошнековые) машины. Одношнековые протирочные машины имеют один шнек для выполнения процесса протирания, и они же являются самыми распространёнными и пользуются большой популярностью среди предприятий. Двушнековые имеют два и более шнека, расположенные последовательно. Они обеспечивают тщательную обработку сырья и получение более однородной консистенции протертой массы. Многоступенчатая или многошнековые установки часто используются в технологических линиях по переработки семечковых плодов, таких как томаты. Одной из установок прошедшей этап модернизации стала протирочная машина, спроектированная в ФГБОУ ВО Южно-Уральском ГАУ (рис. 2).

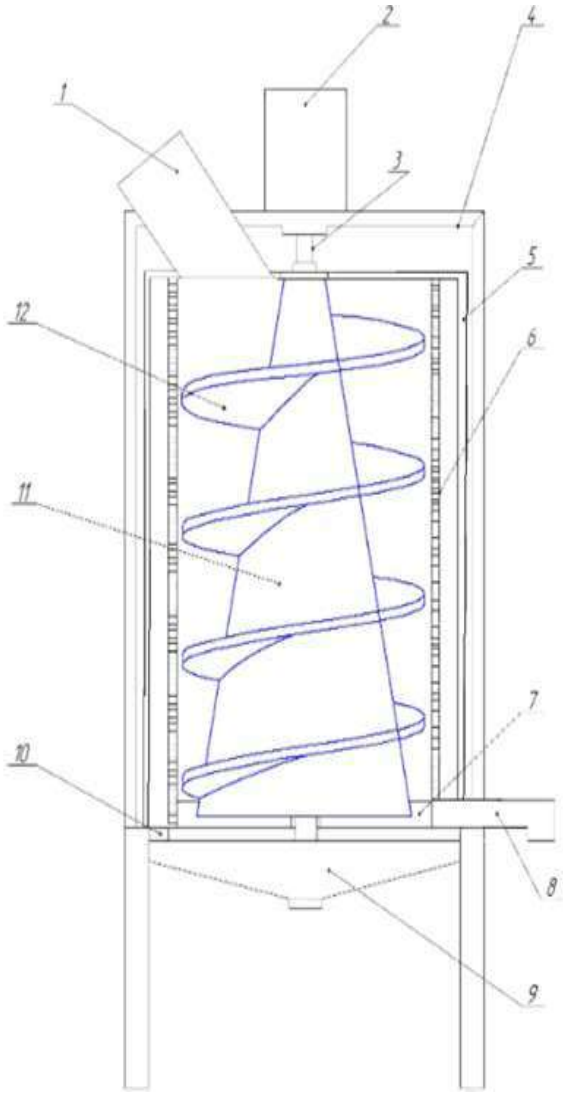


Рисунок 2 – (патент №179697 на полезную модель)

Схема протирочной машины: 1 – загрузочный патрубок; 2 – электродвигатель; 3 – вал; 4 – корпус; 5 – корзина; 6 – ситовой барабан; 7 – ворошитель; 8 – разгрузочный лоток; 9 – сборочный бункер; 10 – отверстия для прохождения протертого сырья; 11 – конус (шнековый вытеснитель); 12 – лопасти.

Принцип работы данной протирочной машины следующий: сырье подается через загрузочный бункер 1 и под действием вращающегося конусного шнека поступают в рабочую зону протирочной машины. Под действием трения о сито и действием давления вращаемое сырье продавливается через отверстия ситового барабана 6. Протертое сырье скапливается в сборочном бункере 9 откуда отводится через патрубки либо тару [3]. Протирочные машины влияют на содержание витаминов и макро-микроэлементов в перерабатываемом сырье. В некоторых случаях, разрушение клеточных стенок сырья при протирании может служить высвобождением витаминов, тем самым делая их более доступным для организма.

Эффективная работа протирочной машины крайне важна для поддержания высокой производительности, соответствия стандартам качества и минимизации потерь. К сожалению, в процессе эксплуатации протирочных машин встречаются различные проблемы, негативно сказывающиеся на их работе и производительности линии [4].

Первой проблемой служат заторы или забивание отверстий в ситовом барабане (табл. 1). Это приводит к остановке процесса протирания, к возникновению избыточного давления в рабочей зоне, и к потерям времени и ресурсов.

Таблица 1 – Соответствие проблемы заторов при эксплуатации протирочной машины и ее решение

Проблема и ее характеристика	Решение проблемы
Неподходящее сырье: чрезмерно больших и твердых кусков сырья, недостаточная предварительная обработка, высокое содержание клетчатки или твердых включений таких как косточки, плотной кожуры	Для снижения или устранения заторов в протирочной машине необходимо проводить предварительную сортировку и очистку сырья, удаляя крупные куски и нежелательные включения. Проводить предварительное измельчение и обработку сырья (например, бланширование)
Неправильные настройки оборудования: неправильный выбор размера сита, низкая скорость вращения рабочего органа для продвижения сырья через ячейки барабана, неправильно отрегулирован зазор между рабочим органом и ситовым барабаном	Оптимизация настроек машины: подбор подходящего сита, регулировка частоты вращения вала, Регулировка зазора между ситовым барабаном и рабочим органом для обеспечения эффективной обработки и продвижения сырья.
Износ оборудования и плохое техническое обслуживание: изношенный ситовой барабан подверженный деформации, поврежденные лопасти рабочего органа могут неравномерно обрабатывать сырье и создавать зоны скопления сырья, недостаточная смазка движущих частей увеличивает трение и может способствовать накоплению сырья в определённых зонах	Регулярное техническое обслуживание: регулярный осмотр и замена изношенных или поврежденных деталей. Обеспечивать регулярную смазку движущихся частей. Очистка оборудования после каждого использования или раз в смену, чтобы удалить остатки сырья и предотвратить их затвердевание и окисливание.
Неправильная загрузка сырья: высокая скорость подачи сырья может перегружать машину и приводить к образованию заторов, неравномерная подача сырья также может приводить к колебаниям нагрузки на машину и образованию пиковых моментов когда происходит затор или забивание ячеек ситового барабана	Установить оптимальную подачу сырья в машину, чтобы избежать колебаний нагрузки.

Второй проблемой является низкая производительность протирочной машины, что снижает производительность всей линии в целом, а соответственно снижает общую эффективность производства и увеличивает затраты. Важно вовремя выявлять причины низкой производительности и принимать меры для их устранения (табл. 2).

Третьей проблемой, которая вытекает из предыдущих проблем является снижение качества протертого продукта. Как правило протирочная машина производит продукт с уже заранее заданными характеристиками и параметрами, и бывает снижение качества из-за неверной настройки параметров. Ухудшение качества в целом может быть вызвано различными факторами, связанными с оборудованием, сырьем или самим процессом протирания (табл. 3).

Таблица 2 – Соответствие проблемы низкой производительности при эксплуатации протирочной машины и ее решение

Проблема и ее характеристика	Решение проблемы
Неподходящие настройки машины, а именно слишком низкая скорость вращения рабочего органа протирочного оборудования для конкретного вида сырья, неподходящий размер сита замедляет процесс протирания, низкое давление или его отсутствие снижает эффективность процесса протирания	Необходимо подбирать оптимальные частоты вращения для конкретных видов продуктов. Также необходимо проводить подбор сит с конкретными размерами отверстий барабана для различных видов сырья. Давление внутри барабана должно быть стабильным для достижения рациональной эффективность
Износ рабочих органов протирочной машины (ситового барабана и протирочного органа, т.е. бичей или шнека)	Замена изношенных деталей протирочной машины своевременно способствует поддержанию производительности на стабильном уровне
Недостаточная предварительная подготовка сырья или изменение химико-физических характеристик сырья. Изменение влажности или температуры может повлиять на сырье и снизить производительность	Необходимо тщательно проводить предварительную подготовку сырья перед его протиранием, а также контролироваться его влажность и температуру во избежание раскисания или заморозки
Неправильная эксплуатация машины в плане перегрузки и неверного режима работы снижает эффективность процесса протирания	Соблюдать рекомендации по загрузке сырья и соблюдать скоростные режимы согласно руководству по эксплуатации согласно типу сырья
Загрязнение оборудования остатками протирания ведет к снижению производительность в связи с его затвердеванием на внутренних поверхностях ситового барабана	Регулярная очистка и проведение технического обслуживания позволяют избежать затвердевания остатков протирания на рабочих поверхностях машины

Таблица 3 – Соответствие проблемы низкой производительности при эксплуатации протирочной машины и ее решение

Проблема и ее характеристика	Решение проблемы
Неправильно выбранное сито: слишком большие отверстия будут пропускать слишком крупные частицы сырья, снижая однородность и консистенцию продукта. Слишком мелкие отверстия может приводить к перетиранию до состояния эмульсии и ухудшению консистенции продукта.	Подобрать ситовой барабан с оптимальным размером отверстий для достижения желаемой консистенции для конкретного продукта
Изношенный рабочий орган неравномерно перетирает сырье и приводит к ухудшению консистенции продукта. Поврежденный ситовой барабан может пропускать нежелательные включения или крупные частицы в перетёртый продукт.	Регулярное техническое обслуживание обеспечивает равномерную обработку и предотвратить попадание нежелательных включений в продукт
Использование несвежего сырья может привести к ухудшению вкуса, цвета и аромата готового продукта. Загрязненное сырье негативно влияет на качество продукта.	Использование только свежего и качественного сырья без признаков порчи и загрязнение
Неверно подобранный режим также пагубно сказывается на качестве протертого продукта. Высокая скорость дает нежелательное нагревание сырья в процессе его перетирания, что приводит к ухудшению его вкусовых качеств и потере питательных веществ. Также длительное время обработка приводит к ухудшению консистенции и других его органолептических показателей.	Контроль температуры продукта в процессе протирания для исключения перегрева сырья. Установление оптимального времени обработки для достижения желаемой консистенции.
Недостаточная гигиена оборудования. Загрязненное оборудование контаминирует продукт, что приводит к ухудшению качества, сокращения срока годности, появлению посторонних вкусов и запахов. Оборудование не прошедшее санитарно-гигиеническую обработку может стать источником бактерий.	Проведение регулярной санитарно-гигиенической обработки и дезинфекции оборудования в соответствии с санитарными нормами и правилами. Регулярная проверка органолептических и химико-биологических показателей протертого продукта в лаборатории предприятия.

Заключение. Устранение распространенных проблем протирочных машин требует комплексного подхода, включающего анализ причин, оптимизацию настроек оборудования, регулярное техническое обслуживание, использование качественного сырья и соблюдение строгих санитарных норм. Своевременное выявление и устранение проблем позволит поддерживать высокую производительность, обеспечивать стабильное качество готового продукта и минимизировать потери в процессе производства на каждом этапе. Профилактика – это лучший способ избежать серьезных проблем, которые остановят весь технологический процесс и повлияют на эффективность производства. Регулярные технические осмотры и техническое обслуживание, а также проведение обучения и повышения квалификации персонала цеха помогут обеспечить бесперебойную и эффективную работу всего предприятия в целом.

Список литературы

1. Исригова Т.А., Санникова Е.В., Исригов С.С., Джамалудинова З.А., Тагиров Р.И. Способ производства пищевого продукта для перекуса // Известия Дагестанского ГАУ. – 2023. – №1 (17). – С. 183-186

2. Богданов, А. В. Расчет производительности протирочных машин / А. В. Богданов, А. А. Лукин, Л. А. Штриккер // Известия Дагестанского ГАУ. – 2023. – № 2(18). – С. 147-152

3. Патент на полезную модель № 179697 U1 Российская Федерация, МПК A23N 15/00. Протирочная машина: № 2018105205 : заявл. 12.02.2018: опубл. 22.05.2018 / А. В. Богданов, С. В. Ганенко, С. Ю. Попова, Л. А. Штриккер; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Южно-Уральский государственный университет", ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ.

4. Штриккер Л.А. Влияние протирочной машины на содержание витамина с в протертом продукте // Известия Дагестанского ГАУ. – 2024. – № 1(21). – С. 297-302.

5. Богданов А.В., Ганенко С.В., Попова С.Ю., Штриккер Л.А. Обоснование размеров отверстий ситового барабана протирочной машины при производстве продукции из кабачков // XXI век: Итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2018. – Т.7. – № 4 (44). – С.192-196.

6. Богданов А.В., Гриценко А.В., Ческидов М.В., Штриккер Л.А. Разработка вертикальной протирочной установки и определение ее основных параметров // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2023. – Т. 17. – № 1. – С. 62-69.

7. Ганенко С.В., Штриккер Л.А. Исследование и обоснование геометрических размеров ситового барабана протирочной машины при производстве сока из кабачков // АПК России. – 2017. – Т. 24. – № 1. – С.57-62.

8. Богданов А.В., Лукин А.А., Ческидов М.В., Штриккер Л.А. Определение взаимосвязей конструктивно-технологических параметров протирочной машины // Известия Дагестанского ГАУ. – 2023. – № 3(19). – С. 133-138.

9. Штриккер Л.А. Конструктивно-технологические параметры перфо-рированного барабана протирочной машины // АПК России. – 2024. – Т. 31. – № 3. – С. 385-392.

10. Palermo M., Pellegrini N., Fogliano V. The Effect of Cooking on the Phytochemical Content of Vegetables: Effect of Cooking on Vegetable Phytochemicals // J. Sci. Food Agric. – 2014. – № 94. – P. 1057–1070.

11. Van Boekel M. A. J. S. Kinetic Modeling of Food Quality: A Critical Review. Comp. Rev. // Food Sci. Food Safety. – 2008. – № 7. – P. 144–158.

12. Paciulli M., Ganino T., Pellegrini N., Rinaldi M., Zaupa M., Fabbri A., Chiavaro E. Impact of the Industrial Freezing Process on Selected vegetables -Part I. Structure, Texture and Antioxidant Capacity // Food Res. Int. – 2015. – № 74. – P. 329–337.

13. Bernhardt S., Schlich E. Impact of Different Cooking Methods on Food Quality: Retention of Lipophilic Vitamins in Fresh and Frozen Vegetables // J. Food Eng. – 2006. – № 77(2). – P. 327–333.

14. Frati A., Antonini E., Ninfali P. Industrial Freezing, Cooking, and Storage Differently Affect Antioxidant Nutrients in Vegetables // Fruits Vegetables Herbs. – 2016. – № 6. – P. 223–239.

15. Andlauer S.D. Influence of Cooking Process on Phenolic Marker Compounds of Vegetables // Int. J. Vitam. Nutr. Res. – 2003. – № 73(2). – P. 152–159.

References

1. Isrigova T.A., Sannikova E.V., Isrigov S.S., Dzhamaludinova Z.A., Tagirov R.I. Method for producing a food product for a snack // Bulletin of the Dagestan State Agrarian University. – 2023. – № 1 (17). – P. 183-186

2. Bogdanov, A.V. Calculation of the productivity of wiping machines / A.V. Bogdanov, A.A. Lukin, L.A. Shtrikker // Bulletin of the Dagestan State Agrarian University. – 2023. – № 2 (18). – P. 147-152

3. Patent for utility model No. 179697 U1 Russian Federation, IPC A23N 15/00. Wiping machine: No. 2018105205: declared. 12.02.2018: published 22.05.2018 / A. V. Bogdanov, S. V. Ganenko, S. Yu. Popova, L. A. Shtrikker; applicant Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "South Ural State University", FSBEI HE South Ural State Agrarian University.

4. Shtrikker L.A. Influence of a mashing machine on the vitamin C content in a mashed product // Bulletin of the Dagestan State Agrarian University. – 2024. – №1 (21). – P. 297-302.

5. Bogdanov A.V., Ganenko S.V., Popova S.Yu., Shtrikker L.A. Justification of the sizes of the holes of the sieve

drum of a mashing machine in the production of zucchini products // XXI century: Results of the past and problems of the present plus. – 2018. – Vol. 7. – № 4 (44). – P. 192-196.

6. Bogdanov AV, Gritsenko AV, Cheskidov MV, Shtrikker LA Development of a vertical wiping unit and determination of its main parameters // Agricultural machinery and technologies. – 2023. – Vol. 17. – № 1. – P. 62-69.

7. Ganenko SV, Shtrikker LA Research and justification of the geometric dimensions of the sieve drum of a wiping machine in the production of zucchini juice // AIC of Russia. – 2017. – Vol. 24. – № 1. – P. 57-62.

8. Bogdanov AV, Lukin AA, Cheskidov MV, Shtrikker LA Determination of the relationships between the design and technological parameters of a wiping machine // Bulletin of the Dagestan State Agrarian University. – 2023. – № 3 (19). – P. 133-138.

9. Shtrikker L.A. Design and technological parameters of the perforated drum of a wiping machine // AIC of Russia. – 2024. – Vol. 31. – № 3. – P. 385-392.

10. Palermo M., Pellegrini N., Fogliano V. The Effect of Cooking on the Phytochemical Content of Vegetables: Effect of Cooking on Vegetable Phytochemicals // J. Sci. Food Agric. – 2014. – № 94. – P. 1057–1070.

11. Van Boekel M. A. J. S. Kinetic Modeling of Food Quality: A Critical Review. Comp. Rev. // Food Sci. Food Safety. – 2008. – № 7. – P. 144–158.

12. Paciulli M., Ganino T., Pellegrini N., Rinaldi M., Zaupa M., Fabbri A., Chiavaro E. Impact of the Industrial Freezing Process on Selected vegetables -Part I. Structure, Texture and Antioxidant Capacity // Food Res. Int. – 2015. – № 74. – P. 329–337.

13. Bernhardt S., Schlich E. Impact of Different Cooking Methods on Food Quality: Retention of Lipophilic Vitamins in Fresh and Frozen Vegetables // J. Food Eng. – 2006. – № 77(2). – P. 327–333.

14. Frati A., Antonini E., Ninfali P. Industrial Freezing, Cooking, and Storage Differently Affect Antioxidant Nutrients in Vegetables // Fruits Vegetables Herbs. – 2016. – № 6. – P. 223–239.

15. Andlauer S.D. Influence of Cooking Process on Phenolic Marker Compounds of Vegetables // Int. J. Vitam. Nutr. Res. – 2003. – № 73(2). – P. 152–159.

10.52671/26867591_2026_1_276
УДК 541.1:574.2:613.2

СОВРЕМЕННАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ МИКРОПЛАСТИКОВ В ПИЩЕВОЙ СОЛИ: МОРФОЛОГИЯ, СОСТАВ И ИСТОЧНИКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ

ИСРИГОВА Т.А.[1], д-р с.-х. наук, профессор
ЛУКИН А.А.[2], канд. техн. наук, доцент
САЛМАНОВ М.М.[1], д-р с.-х. наук, профессор
[1]ФГБОУ ВО Дагестанский ГАУ, г. Махачкала
[2]ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет, г. Челябинск

MODERN CLASSIFICATION OF MICROPLASTICS IN FOOD SALT: MORPHOLOGY, COMPOSITION AND SOURCES OF POLLUTION

ISRIGOVA T.A.[1], Doctor of Agricultural Sciences, Professor
LUKIN A.A.[2], Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
SALMANOV M.M.[1], Doctor of Agriculture Sciences, Professor
[1]Dagestan State Agrarian University, Makhachkala
[2] South Ural State Agrarian University, Chelyabinsk

Аннотация. В статье рассматривается проблема загрязнения пищевой соли микропластиком, который поступает в организм человека через повседневное потребление этого продукта. На основе анализа международных исследований и собственных экспериментальных данных авторы разрабатывают современную научно обоснованную классификацию микропластиков, присутствующих в соли минерального происхождения. Особое внимание уделено морфологическим типам (преобладание волокон), размерным фракциям, химическому составу и основным источникам загрязнения, среди которых выделяются морская среда, текстильная промышленность, рыболовные снасти, а также процессы промышленной переработки и упаковки.

В ходе исследования проанализированы три образца морской соли из разных стран. Установлено, что во всех пробах присутствует микропластик, преимущественно в виде волокон синего и чёрного цвета, что указывает на значительный вклад текстильных и морских источников. Также обнаружены сферические частицы и фрагменты, связанные с деградацией пластиковой упаковки и оборудования. Количественный анализ показал, что наибольшее загрязнение характерно для морской соли, однако значительные уровни микропластика выявлены и в каменной, и в розовой соли.

Авторы отмечают, что загрязнение может происходить как на этапе добычи и производства, так и через атмосферное осаждение, а также из-за несовершенства технологий фильтрации и упаковки. Подчёркивается

необходимость внедрения более чувствительных методов идентификации микропластика и стандартизации контроля качества пищевой продукции. Полученные результаты могут быть использованы для совершенствования нормативов безопасности, разработки рекомендаций по снижению микропластикового загрязнения и повышения информированности потребителей о потенциальных рисках для здоровья. Исследование подчёркивает комплексный характер проблемы и актуальность междисциплинарного подхода к её решению.

Ключевые слова: микропластик, пищевая соль, морфология, классификация, источники загрязнения, волокна, химический состав, экологическая безопасность, аналитические методы, упаковка, атмосферное осаждение.

Abstract. *This article examines the problem of microplastic contamination of table salt, which enters the human body through everyday consumption. Based on an analysis of international studies and their own experimental data, the authors develop a modern, scientifically based classification of microplastics present in salt of mineral origin. Particular attention is paid to morphological types (predominance of fibers), size fractions, chemical composition, and the main sources of contamination, including the marine environment, textile industry, fishing gear, and industrial processing and packaging processes.*

The study analyzed three sea salt samples from different countries. All samples were found to contain microplastics, predominantly in the form of blue and black fibers, indicating a significant contribution from textile and marine sources. Spherical particles and fragments associated with the degradation of plastic packaging and equipment were also detected. Quantitative analysis revealed that the greatest contamination is characteristic of sea salt, but significant levels of microplastics were also detected in rock salt and pink salt. The authors note that contamination can occur during extraction and production, through atmospheric deposition, and due to imperfect filtration and packaging technologies. They emphasize the need to implement more sensitive microplastic identification methods and standardize food quality control. The findings can be used to improve safety regulations, develop recommendations for reducing microplastic contamination, and raise consumer awareness of potential health risks. The study highlights the complex nature of the problem and the importance of an interdisciplinary approach to addressing it.

Keywords: *microplastics, table salt, morphology, classification, pollution sources, fibers, chemical composition, environmental safety, analytical methods, packaging, atmospheric deposition.*

Введение. Пищевая соль, как повседневно употребляемый продукт, служит одним из ключевых каналов поступления микропластика в организм человека [1]. Данный факт актуализирует вопрос о внедрении более строгого регионального контрольно-надзорного регулирования. Данные, полученные в Бразилии, Индонезии и Турции, подтверждают глобальный характер проблемы и повсеместное присутствие микрочастиц пластика (МП) в соли [2-4]. Повышенные средние концентрации в образцах каменной и морской соли, вероятно, являются индикатором загрязнения морских и геологических источников сырья. В то же время относительно низкие уровни, выявленные в розовой гималайской соли, могут указывать на минимальное воздействие загрязнения на этапах её добычи и первичной обработки.

Вариабельность может быть обусловлена такими факторами, как географическое происхождение сырья, особенности технологических процессов производства и очистки, а также условия окружающей среды во время сбора и хранения продукции. В рамках исследовании [2-4] наибольшая доля мезопластика была зафиксирована в розовой соли (2,31%), далее следовали каменная соль (1,63%), поваренная соль (1,29%) и морская соль (0,46%). Подобное распределение отражает различия в степени воздействия источников загрязнения, а также отсутствие в производственных циклах специализированных этапов фильтрации, предназначенных для удаления более крупных пластиковых фрагментов.

В работе Karami A. и соавт. [5] и Iñiguez M.E. и соавт. [6], которые отметили, что подавляющая часть пластикового загрязнения в пищевых солях имеет размер менее 5000 мкм, который можно отнести к мезопластикам. Данное обстоятельство указывает на потенциальную возможность применения на промышленных предприятиях стратегий физического или ручного отделения, таких как калибровка и фильтрация. Согласно предложениям, Hidalgo-Ruz V. и др. [7], внедрение подобных методов могло бы способствовать снижению содержания крупных пластиковых частиц в конечном продукте. Сам факт обнаружения мезопластика представляет собой более наглядную форму загрязнения, что может повысить осведомлённость потребителей о данной экологической проблеме.

Цель исследования – разработка современной научно обоснованной классификации микропластиков, присутствующих в пищевой соли минерального происхождения, с учётом их морфологических типов, размерных фракций, химического состава и основных источников загрязнения, для последующего использования в оценке рисков и формировании рекомендаций по контролю качества пищевой продукции

Материалы и методы исследований.

Были исследованы 3 образца морской соли.

Образец № 1 – Соль морская пищевая «Setra». Масса товара – 1000 г. Страна изготовитель – Сербия.

Образец № 2 - Морская соль пищевая Atlantika. Масса товара – 500 г. Страна изготовитель – Израиль.

Образец № 3 – Соль морская пищевая «Spice for nice». Масса товара – 250 г. Страна изготовитель – Мексика.

Пробоподготовку проводили согласно рекомендациям Yang D и др. (2015 г) [8]. Во время работы с образцами надевали лабораторный хлопковый халат и латексные перчатки. Все жидкости (раствор перекиси водорода и дистиллированная вода) готовили непосредственно перед использованием, а поверхность рабочего стола тщательно очищали этанолом. Эксперименты проводились в ламинарном боксе, который промывали этанолом до и после каждого использования. Для удаления органических веществ к образцам (100 г) добавляли 500 $см^3$ перекиси водорода 30 %. Подготовленные образцы погружали в глицериновую баню, термостатируемую при 60±0,5 °C, при постоянном перемешивании 60 об/мин с использованием механической мешалки. Через 72 часа образцы фильтровали под вакуумом с использованием фильтра из ацетата целлюлозы (GN-6 Metricel 0,45 мкм). Фильтры помещали в чистую чашку Петри, покрытую предварительно очищенной алюминиевой фольгой, и сушили не менее 12 часов перед дальнейшим микроскопическим анализом.

Результаты исследования.

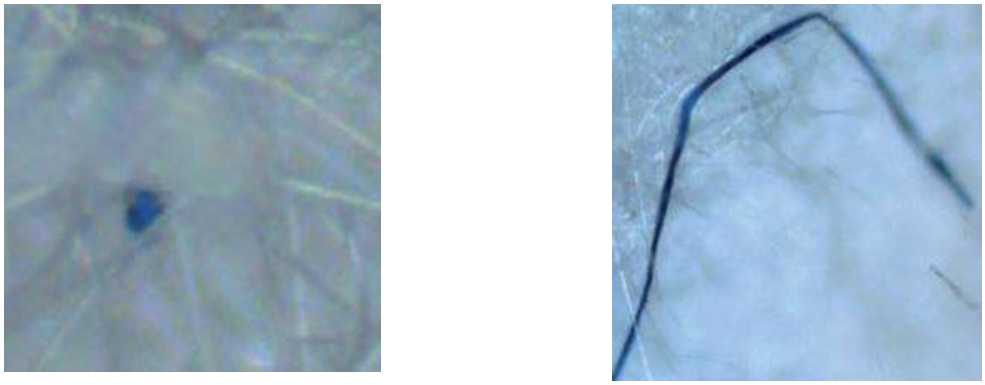
В таблице 1 обобщены количественные результаты анализов с указанием количества микропластиков, подсчитанных в каждом образце.

Таблица 1 - Количество частиц микропластика, обнаруженных в образцах (100 г) пищевой морской соли (2019 г.)

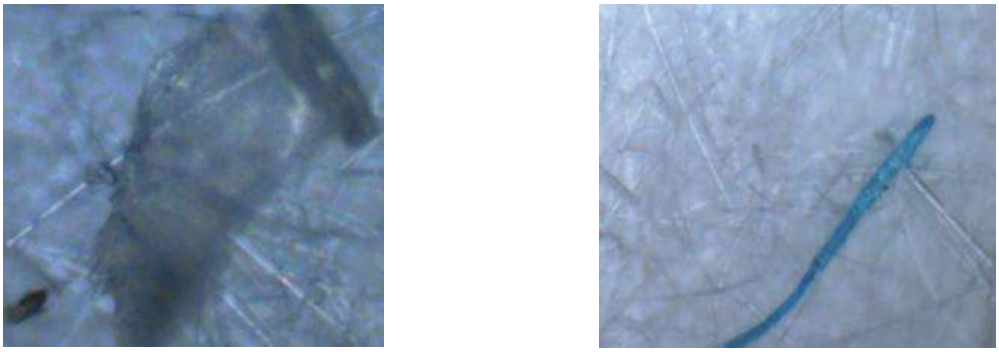
Образец	Общее количество частиц /100 г	Количество волокон/100 г	Количество сферических частицы и фрагментов/100 г
1	7	5	2
2	9	7	2
3	15	10	5

Результаты также показывают, что большинство частиц микропластика в исследуемых образцах имеют форму волокон, что указывает на то, что одним из основных источников микропластика является вторичный микропластик (пластиковые бутылки, рыболовные сети, микропластиковые волокна от синтетической одежды, попавшие при стирке).

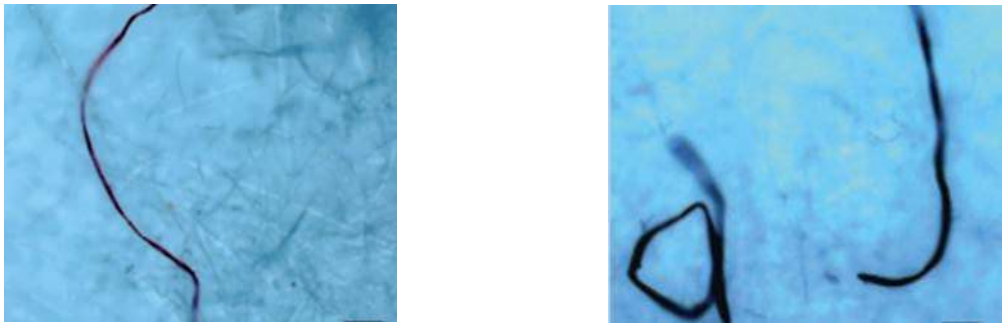
Микроскопическое изображение количества и формы частиц микропластика, обнаруженных в образцах, с использованием оптического микроскопа показано на рисунке 1, что указывает на значительный уровень загрязнения воды из-за загрязнения морской среды микропластиком. Можно отметить, что большая часть частиц микропластика находится в виде волокон, хотя также наблюдается некоторое количество микрогранул и фрагментов гранул.



Образец № 1 - микропластик в виде сферы слева (синий (50 мкм), микропластик в виде волокна справа (синий (100 мкм)



Образец № 2 - микропластик в виде фрагмента слева (бесцветный (50 мкм)), микропластик в виде волокна справа (синий (100 мкм)



Образец № 3 - микропластик в виде волокна слева (красный (100 мкм), микропластик в виде волокна (черные (200 мкм)

Рисунок 1 – Изображения частиц микропластика, обнаруженного после фильтрации образцов морской пищевой соли

Можно отметить, что большая часть частиц микропластика находится в виде волокон, хотя также наблюдается некоторое количество сферических микрогранул и фрагментов.

Цветовой профиль, обнаруженного микропластика, показан на рисунке 2.

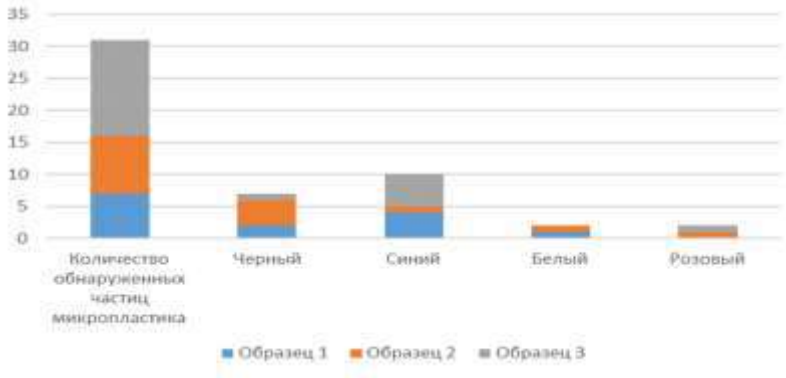


Рисунок 2 – Цветовой профиль микропластика, обнаруженного после фильтрации образцов морской пищевой соли

Среди волокон и сфер микропластика выделялись черный и синий цвет, тогда как белый и розовый цвет встречался редко. Можно предположить, что микропластики синего цвета – это вторичный микропластик, образованный путем деградации пластиковых бутылок; микропластик черного и белого цвета – фрагменты лески или рыболовных снастей; микропластик розового и белого цвета – фрагменты синтетических волокон текстильного производства.

Для полной идентификации полученных образцов необходимо провести инструментальные исследования для определения типов найденных микропластиков.

Результаты исследований показали, что во всех трех образцах морской пищевой соли присутствовал микропластик. В образце № 3 было обнаружено наибольшее количество - 15 частиц микропластика на 100 г продукта, в образце № 2 и № 1 – 9 и 7 соответственно. Особенно часто встречались волокна микропластика, затем шли сферические гранулы и фрагменты различной формы. Среди волокон и сфер микропластика выделялись черный и синий цвет, тогда как белый и розовый цвет встречался редко.

Наличие микропластика в морской соли считается важной проблемой как с экологической, так и с токсикологической точки зрения, из-за потенциального негативного воздействия микропластика на здоровье человека [9].

То, что в морской соли зарегистрирована одна из наиболее высоких концентраций микропластика [5,6], согласуется с международными исследованиями, характеризующими Мировой океан в качестве основного резервуара пластиковых загрязнителей вследствие неэффективного управления отходами и атмосферного переноса [7]. Однако значимое присутствие МП в каменной и розовой соли позволяет предположить, что загрязнение не ограничивается морской средой. Оно также возникает на этапах промышленной переработки, фасовки и коммерческого распространения продукции.

Wang Y. и коллеги [10] отмечают, что микроволокна текстильного происхождения представляют собой преобладающий тип микропластика в глобальном масштабе и часто подвергаются поверхностному старению, которое увеличивает их хрупкость, способствует

фрагментации и повышает устойчивость к воздействиям окружающей среды. Инфракрасный анализ подтвердил наличие полиэтилентерефталата (ПЭТ), полиамидов и волокон целлюлозы, широко применяемых в производстве одежды и рыболовных снастей. Эти данные согласуются с предыдущими исследованиями [5,6,9], идентифицировавшими текстильную промышленность и бытовые стирки как ключевые источники микроволокон, поступающих в водные среды.

Важно учитывать, что подвергшиеся старению микропластики демонстрируют иное физико-химическое поведение по сравнению с первичными частицами. Исследования указывают, что окислительные и структурные изменения на поверхности влияют на сорбционную способность, микробную колонизацию и динамику деградации, что предполагает возможность воздействия окружающей среды на частицы, обнаруженные в соли, перед их включением в пищевые цепи.

Доминирование волокон, особенно синих, подтверждает гипотезу о том, что значительная часть данного загрязнения связана с текстилем, включая синтетическую одежду, предметы домашнего обихода и атмосферные волокна. Подобную тенденцию также наблюдали Siddique M.A.M. и др. [11] и Syamsu D.A. и др. [12] в исследованиях солей Юго-Восточной Азии. Результаты FTIR, подтверждающие присутствие ПЭТ и полиамидов. Ключевым ограничением аналитического метода является то, что тонкие микроволокна часто не могут быть надлежаще характеризованы с помощью ATR-FTIR вследствие недостаточного контакта между частицей и кристаллической поверхностью, что приводит к получению слабых или нерепрезентативных спектров. Следовательно, лишь небольшая часть частиц исследовании могла быть подвергнута химическому анализу. Эта проблема многократно освещалась в исследованиях микропластиков, где волокна, схожие визуально, могут состоять из натуральных, регенерированных или синтетических полимеров, что делает визуальную классификацию недостоверной [13].

Волокна являются наиболее распространенной формой микропластика в пищевых продуктах и морских организмах, что часто связано с синтетической одеждой, промышленным текстилем и рыболовными сетями [14].

Микропластики могут внедряться в производственную цепочку соли через несколько механизмов. Во-первых, фрагментация пластиковой упаковки и абразивное разрушение машинного и промышленного оборудования во время процессов измельчения или обработки могут привести к попаданию полимерных частиц в конечный продукт [15,16]. Упаковочные материалы, особенно полиэтилен низкой плотности (LDPE) и полипропилен (PP), представляют вероятный источник такого загрязнения [16]. Механические нагрузки, воздействие ультрафиолета и многократное использование полиэтиленовых пакетов или контейнеров могут вызвать микроразрушение пластика во время хранения [17]. Аналогично, оборудование, используемое для измельчения, просеивания и упаковки, может способствовать выделению частиц, особенно на производствах с ограниченным техническим обслуживанием [17].

Атмосферное осаждение является ещё одним значительным каналом, поскольку волокна, находящиеся в воздухе, могут загрязнять соль во время процессов кристаллизации, сушки, хранения или обработки на открытых площадках, особенно на предприятиях без строгого контроля качества воздуха [17]. Атмосферные выпадения всё чаще признаются существенным источником микропластикового загрязнения пищевых продуктов. Волокна, образующиеся при стирке, промышленных текстильных выбросах и городских аэрозолях, могут осаждаться на площадках для сушки или на упаковочных поверхностях, особенно в помещениях без систем фильтрации воздуха [17].

Кроме того, загрязнение может присутствовать исходно в морской воде, рассоле или природных источниках соли до её кристаллизации, позволяя микропластикам сохраняться на стадиях выпаривания и аккумулироваться в конечном продукте [15,16].

Состав, в котором преобладают волокна, также имеет токсикологические последствия, поскольку эти частицы могут выступать векторами для переноса устойчивых органических загрязнителей (СОЗ) и тяжёлых металлов, а их морфология способствует взаимодействию с тканями. С другой стороны, более высокая доля фрагментов в поваренной соли (6,5%) может указывать на большее влияние упаковки или промышленной обработки, поскольку фрагменты обычно образуются при деградации твёрдых пластиков. В противоположность этому, розовая соль и каменная соль геологического происхождения, подвергающиеся меньшей водной обработке, демонстрировали наименьшую концентрацию фрагментов и плёнок, что свидетельствует о сниженном воздействии внешних источников пластикового загрязнения [5].

Наблюдаемое разнообразие цветов (синий, тёмно-синий, красный, черный, прозрачный, сиреневый и другие) отражает разнообразие источников попадания остатков в пищевую цепь. Высокий процент синих частиц, особенно в розовой соли (77,82%) [5,6], может быть связан с электростатическими свойствами или плавучестью этих волокон в условиях производства или упаковки. Анализ цвета может предоставить косвенную информацию о происхождении полимера и степени его деградации.

Наличие более тёмных цветов, таких как тёмно-синий, черный и коричневый, может указывать на процессы старения или деградации полимера, поскольку цвета часто темнеют вследствие фоторазложения и механического истирания [18]. Красные частицы, хотя встречаются реже, составляют до 14% в каменной соли и могут быть связаны с упаковочными материалами или окрашенными тканями. Белые и прозрачные микропластики, хотя их доля незначительна [5,6], имеют важное значение,

поскольку они труднее обнаруживаются визуально и могут не удаляться при фильтрации или ручной сортировке.

Преобладание определённых цветов, особенно синего, указывает на распространённые источники загрязнения, потенциально связанные с промышленной, текстильной или морской деятельностью. Различия между видами соли могут отражать их географическое происхождение, степень технологической обработки или используемые упаковочные материалы.

На основании собственных исследований нами была разработана современная классификация микропластиков в продуктах минерального происхождения (рис. 3)

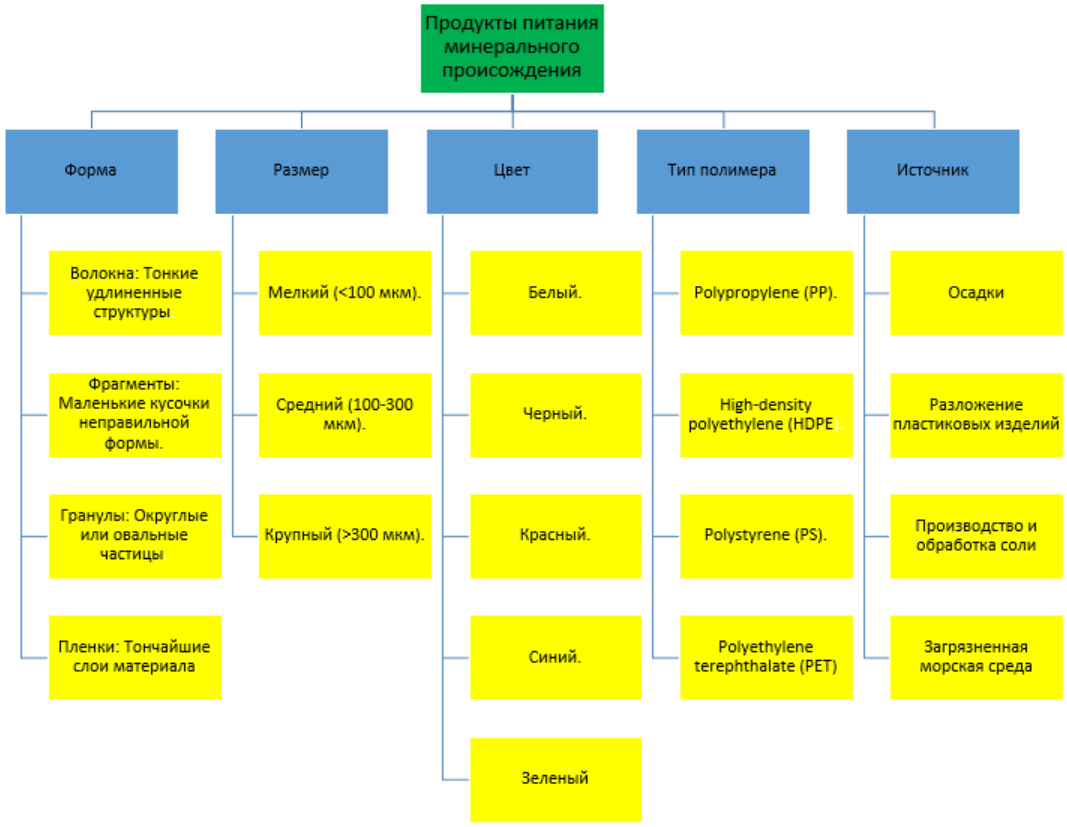


Рисунок 3 – Современная классификация микропластика в продуктах минерального происхождения (результаты исследований 2019-2025 гг., Лукин А.А.)

Основные критерии классификации

1. Морфологические типы

Волокна — преобладающая форма (до 83% всех частиц), чаще всего синего и чёрного цвета, что связано с текстильными и морскими источниками (синтетическая одежда, рыболовные снасти).

Сферические частицы и гранулы — встречаются реже, обычно связаны с деградацией пластиковой упаковки и оборудования.

Фрагменты — образуются при разрушении твёрдых пластиков, чаще выявляются в поваренной соли.

2. Размерные фракции

Микропластик — частицы размером менее 5 мм.

Мезопластик — частицы от 1 до 5 мм, часто встречаются в розовой и каменной соли, могут быть удалены физическими методами (фильтрация, калибровка).

3. Химический состав

Полиэтилентерефталат (ПЭТ) — основной полимер, идентифицированный в волокнах.

Полиамиды — характерны для текстильных волокон.

Полиэтилен (PE), полипропилен (PP) — часто связаны с упаковочными материалами.

Целлюлозные волокна — могут быть как синтетическими, так и натуральными, что требует дополнительной идентификации.

4. Цветовой профиль

Синий и чёрный — доминируют, указывают на текстильные и морские источники.

Белый, прозрачный, розовый — встречаются реже, могут быть связаны с упаковкой или окрашенными тканями.

Тёмные оттенки — свидетельствуют о старении и деградации полимера.

5. Источники загрязнения

Морская среда — основной резервуар микропластика, особенно для морской соли.

Текстильная промышленность — стирка синтетической одежды, выбросы микроволокна.

Рыболовные снасти — деградация сетей, лески.

Промышленная переработка и упаковка — фрагментация пластика при измельчении, упаковке, хранении.

Атмосферное осаждение — волокна из воздуха попадают в соль на этапах сушки и фасовки.

Разработанная классификация позволяет:

– более точно идентифицировать микропластик в соли;

– выявлять основные источники загрязнения;

– совершенствовать методы фильтрации и контроля качества;

– формировать рекомендации по снижению микропластикового загрязнения на всех этапах производства;

– разрабатывать нормативы безопасности для пищевой продукции.

В исследованиях [19] волокна составляли 83% всех частиц, а полиэтилен и полипропилен были наиболее распространёнными полимерами, что структурно отражает преобладание волокон и синтетического текстиля, идентифицированных в настоящем анализе пищевой соли. Преобладание синих и черных волокон как в образцах морской воды, так и в образцах соли дополнительно подтверждает их связь с текстильными волокнами и рыболовными снастями как основными источниками загрязнения. Параллели между экологическим мониторингом и анализом пищевых продуктов демонстрируют, что загрязнение, наблюдаемое в водах Эквадора, непосредственно отражается на потребительских товарах, таких как соль. Эти результаты подчеркивают актуальность решения проблемы микропластикового загрязнения не только на экологическом уровне, но и в контексте безопасности пищевых продуктов, поскольку прогнозируется экспоненциальный рост потребления морских микропластиков в ближайшие десятилетия, что, вероятно, увеличит уровни воздействия на человека.

Заключение.

Проведённое нами исследование подтверждает, что микропластик является повсеместным загрязнителем пищевой соли минерального происхождения, а его морфологические, размерные и химические характеристики зависят от источника сырья, технологии производства и условий хранения продукции. В ходе работы была разработана современная научно обоснованная классификация микропластиков, учитывающая разнообразие форм (преобладание волокон), цветовых профилей и полимерного состава частиц, а также основные пути их поступления в пищевую цепь.

На основании изучения литературных источников и собственных исследований можно сделать вывод, что наибольшая концентрация микропластика характерна для морской соли, однако значительное загрязнение выявлено и в каменной, а также розовой соли, что свидетельствует о многофакторном характере проблемы — от загрязнения морских вод до воздействия промышленной переработки и упаковки. Доминирование волокон, особенно синих и чёрных, подтверждает ведущую роль текстильной промышленности, бытовых стоков и рыболовных снастей в формировании микропластикового фона.

Выявленные ограничения аналитических методов подчёркивают необходимость внедрения более чувствительных и стандартизированных подходов к идентификации микропластика в пищевых продуктах. Полученные данные могут быть использованы для совершенствования системы контроля качества пищевой соли, разработки рекомендаций по снижению микропластикового загрязнения на всех этапах производства и для формирования научно обоснованных нормативов безопасности.

Таким образом, решение проблемы микропластика в пищевой соли требует комплексного подхода, включающего ужесточение санитарно-гигиенических требований, совершенствование технологий фильтрации и упаковки, а также повышение информированности потребителей о потенциальных рисках, связанных с микропластиковым загрязнением.

Список литературы

1. Исригова Т.А., Лукин А.А. Основные источники микропластика в продуктах питания и напитках // Проблемы развития АПК региона. – 2024. – № 3(59). – С. 164-171.

2. Amqam H., Natsir M.F., Yusriani Z.F. Microplastic Contamination in Indonesian Consumable Salts // J. Sea Res. – 2024. – № 198. – P. 102475

3. Gündoˇgdu S. Contamination of Table Salts from Turkey with Microplastics // Food Addit. Contam. Part A. – 2018. – № 35. – P. 1006–1014.

4. Nithin A., Sundaramanickam A., Surya P., Sathish M., Soundharapandiyan B., Balachandar K. Microplastic Contamination in Salt Pans and Commercial Salts – A Baseline Study on the Salt Pans of Marakkanam and Parangipettai, Tamil Nadu, India // Mar. Pollut. Bull. – 2021. – № 165. – P. 112101.

5. Karami A., Golieskardi A., Keong Choo C., Larat V., Galloway T.S., Salamatinia B. The Presence of Microplastics in Commercial тSalts from Different Countries // Sci. Rep. – 2017. – № 7. – P. 46173

6. Iñiguez M.E., Conesa J.A., Fullana A. Microplastics in Spanish Table Salt // Sci. Rep. – 2017. – № 7. – P. 8620.

7. Hidalgo-Ruz V., Gutow L., Thompson R.C., Thiel M. Microplastics in the Marine Environment: A Review of the Methods Used for Identification and Quantification // Environ. Sci. Technol. – 2012. – № 46. – P. 3060–3075.

8. Yang D., Shi H., Li L., Li J., Jabeen K., Kolandhasamy P. Microplastic Pollution in Table Salts from China // Environmental Science and Technology. – 2015. – №. 49. – P. 13622–13627.

9. Исригова Т.А., Лукин А.А. Визуальная идентификация микропластика в морской пищевой соли // Известия Дагестанского ГАУ. – 2023. – № 2(18). – С. 183-187.

10. Wang Y., Zhao J., Fu Z., Guan D., Zhang D., Zhang H. Innovative Overview of the Occurrence, Aging Characteristics, and Ecological Toxicity of Microplastics in Environmental Media Innovative Overview of the Occurrence, Aging Characteristics, and Ecological Toxicity of Microplastics in Environmental Media // Environ. Pollut. – 2024. – № 346. – P. 123623.

11. Siddique M.A.M., Uddin A., Bhuiya A., Rahman S.M.A., Kibria G. Occurrence, Spatial Distribution, and Characterization of Microplastic Particles in the Salt Pans from the Southeastern Part of the Bay of Bengal // Reg. Stud. Mar. Sci. – 2023. – № 61. – P. 102846.

12. Syamsu D.A., Deswati D., Syafrizayanti S., Putra A., Suteja Y. Presence of Microplastics Contamination in Table Salt and Estimated Exposure in Humans // Glob. J. Environ. Sci. Manag. – 2024. – № 10. – P. 205–224

13. Tirkey A., Sheo L., Upadhyay B. Microplastics: An Overview on Separation, Identification and Characterization of Microplastics // Mar. Pollut. Bull. – 2021. – № 170. – P. 112604.

14. Zhang Q., Xu E.G., Li J., Chen Q., Ma L., Zeng E.Y., Shi H. A Review of Microplastics in Table Salt, Drinking Water, and Air: Direct Human Exposure // Environ. Sci. Technol. – 2020. – № 54. – P. 3740–3751.

15. Khuyen V.T.K., Le D.V., Anh L.H., Fischer A.R., Dornack C. Investigation of Microplastic Contamination in Vietnamese Sea Salts Based on Raman and Fourier-Transform Infrared Spectroscopies // Environment Asia. – 2021. – № 14. – P. 1–13.

16. Mohan Viswanathan P., Mishra A., Singam D.R., John J. Assessment of Microplastics in Highland Rock Salts of Northern Borneo // J. Environ. Manag. – 2024. – № 368. – P.122207.

17. Maharjan K.K., Dhungel R.P. First-Ever Study Uncovers Microplastic Contamination in Nepalese Table Salt // Heliyon. – 2024. – № 10. – P. e34621

18. Bermúdez J.R., et al. Marine Microplastics on the Rise in the Eastern Tropical Pacific: Abundance Doubles in 11 Years and a Ten-Fold Increase Is Projected by 2100 // Mar. Pollut. Bull. – 2025. – № 221. – P. 118437.

19. Исригова Т. А., Лукин А.А. Спектрометрический анализ морской пищевой соли на содержание микропластиков // Проблемы развития АПК региона. – 2023. – № 2(54). – С. 155-159.

References

1. Isrigova T.A., Lukin A.A. The main sources of microplastics in food and beverages // Problems of development of the regional agro-industrial complex. – 2024. – № 3 (59). – P. 164-171.

2. Amqam H., Natsir M.F., Yusriani Z.F. Microplastic Contamination in Indonesian Consumable Salts // J. Sea Res. – 2024. – № 198. – P. 102475

3. Gündoˇgdu S. Contamination of Table Salts from Turkey with Microplastics // Food Addit. Contam. Part A. – 2018. – № 35. – P. 1006–1014.

4. Nithin A., Sundaramanickam A., Surya P., Sathish M., Soundharapandiyan B., Balachandar K. Microplastic Contamination in Salt Pans and Commercial Salts – A Baseline Study on the Salt Pans of Marakkanam and Parangipettai, Tamil Nadu, India // Mar. Pollut. Bull. – 2021. – № 165. – P. 112101.

5. Karami A., Golieskardi A., Keong Choo C., Larat V., Galloway T.S., Salamatinia B. The Presence of Microplastics in Commercial mSalts from Different Countries // Sci. Rep. – 2017. – № 7. – P. 46173

6. Iñiguez M.E., Conesa J.A., Fullana A. Microplastics in Spanish Table Salt // Sci. Rep. – 2017. – № 7. – P. 8620.

7. Hidalgo-Ruz V., Gutow L., Thompson R.C., Thiel M. Microplastics in the Marine Environment: A Review of the Methods Used for Identification and Quantification // Environ. Sci. Technol. – 2012. – № 46. – P. 3060–3075.

8. Yang D., Shi H., Li L., Li J., Jabeen K., Kolandhasamy P. Microplastic Pollution in Table Salts from China // Environmental Science and Technology. – 2015. – №. 49. – P. 13622–13627.

9. Isrigova T.A., Lukin A.A. Visual identification of microplastics in sea food salt // Bulletin of the Dagestan State Agrarian University. – 2023. – № 2 (18). – P. 183-187.

10. Wang Y., Zhao J., Fu Z., Guan D., Zhang D., Zhang H. Innovative Overview of the Occurrence, Aging Characteristics, and Ecological Toxicity of Microplastics in Environmental Media Innovative Overview of the Occurrence, Aging Characteristics, and Ecological Toxicity of Microplastics in Environmental Media // Environ. Pollut. – 2024. – № 346. – P. 123623.

11. Siddique M.A.M., Uddin A., Bhuiya A., Rahman S.M.A., Kibria G. Occurrence, Spatial Distribution, and Characterization of Microplastic Particles in the Salt Pans from the Southeastern Part of the Bay of Bengal // Reg. Stud. Mar. Sci. – 2023. – № 61. – P. 102846.

12. Syamsu D.A., Deswati D., Syafrizayanti S., Putra A., Suteja Y. Presence of Microplastics Contamination in Table Salt and Estimated Exposure in Humans // Glob. J. Environ. Sci. Manag. – 2024. – № 10. – P. 205–224

13. Tirkey A., Sheo L., Upadhyay B. Microplastics: An Overview on Separation, Identification and Characterization of Microplastics // Mar. Pollut. Bull. – 2021. – № 170. – P. 112604.

14. Zhang Q., Xu E.G., Li J., Chen Q., Ma L., Zeng E.Y., Shi H. A Review of Microplastics in Table Salt, Drinking Water, and Air: Direct Human Exposure // Environ. Sci. Technol. – 2020. – № 54. – P. 3740–3751.

15. Khuyen V.T.K., Le D.V., Anh L.H., Fischer A.R., Dornack C. Investigation of Microplastic Contamination in Vietnamese Sea Salts Based on Raman and Fourier-Transform Infrared Spectroscopies // Environment Asia. – 2021. –

№ 14. – P. 1–13.

16. Mohan Viswanathan P., Mishra A., Singam D.R., John J. Assessment of Microplastics in Highland Rock Salts of Northern Borneo // J. Environ. Manag. – 2024. – № 368. – P.122207.

17. Maharjan K.K., Dhungel R.P. First-Ever Study Uncovers Microplastic Contamination in Nepalese Table Salt // Heliyon. – 2024. – № 10. – P. e34621

18. Bermúdez J.R., et al. Marine Microplastics on the Rise in the Eastern Tropical Pacific: Abundance Doubles in 11 Years and a Ten-Fold Increase Is Projected by 2100 // Mar. Pollut. Bull. – 2025. – № 221. – P. 118437.

19. Isrigova T. A., Lukin A. A. Spectrometric analysis of sea food salt for microplastic content // Problems of development of the regional agro-industrial complex. – 2023. – № 2 (54). – P. 155-159.

10.52671/26867591_2026_1_284
УДК 637.5

СОСТАВ И КАЧЕСТВО НОВОГО МЯГКОГО СЫРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СЫВОРОТКИ

КАНАРЕЙКИНА С.Г.[1], канд. с.-х. наук, доцент
КАНАРЕЙКИН В.И.[2], канд. техн. наук, доцент
ГАРИПОВА А. Ф.[1], магистр
САЛИХОВА Г.Г.[1], канд. хим. наук, доцент
САЛИХОВ А.Р.[1], канд. техн. наук, доцент
[1]Башкирский государственный аграрный университет, Уфа, Россия
[2]ФГБОУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации», Уфимский филиал, г. Уфа, Россия

COMPOSITION AND QUALITY OF NEW SOFT CHEESE MADE WITH THE USE OF WHEY

KANAREIKINA S.G.[1], Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor
KANAREIKIN V.I.[2], Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
GARIPOVA A. F.[1], Master
SALIKHOVA G.G.[1], Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor
SALIKHOV A.R.[1], Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
[1]Bashkir State Agrarian University, Ufa, Russia
[2]Financial University under the Government of the Russian Federation, Ufa branch, Ufa, Russia

Аннотация. В данной работе представлена комплексная научная разработка рецептуры мягкого сыры «Сырный мешочек», который был создан на основе комбинации двух видов основного сырья: молоко коровье и сыворотка подсырная. Ферментное свертывание молочного сырья проводилась ферментом сычужным ЭкстрА. Данный подход позволил сформировать сыр, характеризующийся качественно иными сенсорными свойствами, что отличает его от традиционно известных представителей категории мягких сыров.

Исследование включало всесторонний комплексный анализ органолептических, физико-химических и микробиологических показателей продукта. Дополнительно выполнен углубленный химический анализ, изучены аминокислотный профиль, состав витаминов и жирнокислотный состав. Акцент сделан на оценке концентрации витаминов А и Е наряду с содержанием незаменимых аминокислот и насыщенных и полиненасыщенных жирных кислот, что подтвердило высокий уровень биологической ценности исследуемого продукта и выявило перспективы положительного воздействия на состояние организма потребителя.

Новый продукт отличается уникальной формой и специфическим составом, что обуславливает его перспективность для дальнейших исследований и возможного внедрения в промышленное производство. Полученные результаты демонстрируют высокую научную значимость выполненной работы и открывают новые возможности в области сыроделия, способствуя развитию инновационных технологий в пищевой промышленности.

Ключевые слова: мягкий сыр, сыворотка молочная, элементный состав, аминокислотный состав, качество.

Abstract*. This study presents a comprehensive scientific development of the recipe for a soft cheese called "Cheesy Pouch," which was created based on a combination of two types of primary raw materials: cow's milk and whey. The enzymatic coagulation of dairy raw material was carried out using ExtA rennet enzyme. This approach allowed the formation of a cheese characterized by qualitatively different sensory properties compared to traditionally known representatives of soft cheeses.*

The research included an extensive comprehensive analysis of organoleptic, physicochemical, and microbiological indicators of the product. Additionally, a detailed chemical analysis was performed, studying amino acid profiles, vitamin composition, and fatty acid composition. Emphasis was placed on assessing the concentration of

vitamins A and E along with essential amino acids and saturated and polyunsaturated fatty acids, confirming the high biological value of the studied product and revealing prospects for positive effects on consumer health.

The new product is distinguished by its unique shape and specific composition, making it promising for further studies and potential implementation in industrial production. The obtained results demonstrate the high scientific significance of the work completed and open up new opportunities in the field of cheesemaking, contributing to the development of innovative technologies in the food industry.

Keywords: *soft cheese, milk whey, elemental composition, amino acid composition, quality*

Введение. Сыры часто употребляются населением ввиду их хороших органолептических показателей и доступности. Благодаря тому, что сыры содержат много белка, употребление этого продукта способствует укреплению мышечной системы организма. Высокое содержание кальция в этом продукте помогает усилению прочности костей. Сыр – хороший источник витаминов, таких как А, С, Е, Д и витаминов группы В [1-13, 15].

Важным моментом является совершенствование и разнообразие их ассортимента. Однако, в настоящее время наблюдается дефицит сыропригодного молока. Поэтому в сыродельной отрасли возникает необходимость рационального использования молочного сырья и ресурсосберегающих технологий. Кроме того, наблюдается дефицит белка в питании населения [5-9, 18].

В этой связи нами разработана рецептура мягкого сыра оригинального состава и формы с использованием двух, видов молочного сырья – молока и сыворотки. Нами предложено изготавливать продукт в форме мешочков небольших размеров. Этот сыр состоит из оболочки и начинки. Для изготовления оболочки использована предварительно расплавленная и растянутая тонким слоем сырная масса для известного сыра Буррата. В качестве начинки выработан мягкий сыр из молочной сыворотки Рикотта.

Молочная сыворотка не используется для питания в промышленных масштабах и реализуется предприятиям на корм скоту, либо подвергается утилизации. Технология предусматривает использование сыворотки, которая осталась после выработки сырной массы для Бурраты на изготовление сывороточного сыра Рикотта. Такая технология позволяет сэкономить на стоимости сырья [11-18].

Исследования были направлены на создание такого продукта, который объединял бы в себе полезные свойства молочной основы. Подбор дозировки компонентов, способ и стадии их внесения осуществляли на базе факультета пищевых технологий Башкирского государственного аграрного университета [15] .

Объектами исследования служили молоко коровье из хозяйства Иглинского района Башкортостана, подсырная сыворотка несоленая, готовый продукт – мягкий сыр «Сырный мешочек».

Методы исследования. Определение качества молока для производства сыра осуществляли по кислотности – ГОСТ 3624, массовой доли жира – ГОСТ 5867, плотности – ГОСТ 3625, чистоты – ГОСТ 8218. Качественные показатели сыворотки подсырной исследованы в соответствии с ГОСТ 34352.

Определение качественных показателей мягкого сыра осуществляли по массовой доле влаги, жира – ГОСТ Р 55063-2012, массовой доле белка – ГОСТ Р 5466-2011. Аминокислотный состав сыра исследован по ГОСТ Р 55569-2013 «Определение протеиногенных аминокислот методом капиллярного электрофореза». Жирнокислотный состав продукта определен в соответствии с ГОСТ 31663-2012 при помощи метода газовой хроматографии массовой доли метиловых эфиров жирных кислот. Элементный состав сыра изучался с помощью метода количественного масс-спектрального анализа с применением ISP-MS. Активную кислотность сыра определяли в соответствии с ГОСТ 32892-2014 «Молоко и продукты переработки молока. Метод измерения активной кислотности». Определение микробиологических показателей проводилось по требованиям ГОСТ 32901-2014 – для БГКП, ГОСТ 31659-2012 – для сальмонелл, ГОСТ 30347-2016 – для S.aureus. Органолептическая оценка проведена опираясь на ГОСТ 33630-2015 «Сыры и сыры плавленые. Методы контроля органолептических показателей».

Результаты исследований. При разработке технологии продукта использованы уже существующие технологии мягких сыров на основе Паста Филата. Исследования проведены при финансовой поддержке Фонда содействия инновациям по программе «Студенческий стартап» в 2023-2024 гг.

Проведен подбор сырья и компонентов. Были созданы несколько вариантов рецептуры продукта и выбран оптимальный вариант выработки. Далее проведена отработка технологии производства сыра: определены стадии внесения компонентов, выбраны температурные режимы и определены значения кислотности при выполнении технологических операций, обоснована необходимость проведения каждой операции.

Рецептура мягкого сыра «Сырный мешочек» включает следующее сырье и компоненты: молоко коровье, сыворотка подсырная, фермент сычужный ЭкстрА (состав и свойства приведены в таблице 1), соль пищевая.

Рецептура отличается от уже существующих содержанием сычужного фермента отечественного происхождения, а также отсутствием искусственных добавок: красителей, консервантов, усилителей вкуса и др.

Отечественный молокосвертывающий фермент произведен Заводом эндокринных ферментов Московской области.

Таблица 1 – Свойства фермента сычужного ЭктстрА

Молокосвертыва-ющая активность, не менее	Доля молокосвертывающей активности от общей молокосвертывающей активности, %		Норма расхода, г/ 100 л молочной смеси
	Химозина	Пепсина говяжьего	
100 000 усл.ед./г.	90 ÷ 95	10 ÷5	2,3÷2,7

На каждом этапе технологического процесса проводился контроль показателей в соответствии с картой метрологического контроля: измерялась температура, определялось значение кислотности как в сырье, так и в готовом продукте.

Анализ качественных показателей продукта является важным этапом в разработке рецептуры продукта, поскольку нужно убедиться не только в его полезных свойствах, но и в безопасности.

Проведен анализ качественных показателей мягкого сыра «Сырный мешочек». Для этого изготовлены образцы мягкого сыра по разработанной рецептуре, произведен отбор проб, и они сданы в аттестованную лабораторию.

Для эксперимента в целях сравнения выработаны контрольный и опытный образцы сыра «Сырный мешочек», которые отличались содержанием начинки – в качестве контрольного образца изготовлен мягкий сыр с начинкой из творога, а опытным служил образец с рикоттой. Следует отметить, что образцы с рикоттой превосходили образцы с творогом по многим показателям.

В контрольном и опытном образцах продукта определены органолептические, физико-химические, микробиологические показатели, а также аминокислотный, жирнокислотный и элементный составы (табл. 2-8).

Таблица 2 - Органолептические показатели мягкого сыра «Сырный мешочек»

Показатель	Характеристика	
	Контрольный образец (начинка из творога)	Опытный образец (начинка из рикотты)
Внешний вид	Недеформированные, не слипшиеся. Форма грушевидного мешочка, завязанного сырной нитью	Недеформированные, не слипшиеся. Форма грушевидного мешочка, завязанного сырной нитью
Вид на разрезе	Начинка из творога в тестовой оболочке из сыра, имеющая вид однородной, равномерно перемешанной массы. Цвет начинки белый, сырного теста – светло-кремовый. Толщина сырной оболочки – не более 3 мм	Начинка из рикотты в тестовой оболочке из сыра, имеющая вид однородной, равномерно перемешанной массы. Цвет начинки белый, сырного теста – светло-кремовый. Толщина сырной оболочки – не более 3 мм
Вкус и запах	Свойственные данному виду продукта, без посторонних привкуса и запаха. Слегка кисловатый	Свойственные данному виду продукта, без посторонних привкуса и запаха
Консистенция оболочки	Эластичная, мягкая, однородная	Эластичная, мягкая, однородная
Консистенция начинки	Мягкая, однородная, с частичками белка, крупитчатая	Мягкая, однородная

Полученный продукт имеет хорошие органолептические показатели. Однако в контрольном образце присутствует кисловатый вкус ввиду содержания творога. Кроме того, отмечено, что консистенция начинки опытного образца лучше, по сравнению с контрольным образцом.

Проанализировав аминокислотный состав данного продукта, можно отметить, что по ряду незаменимых аминокислот – лизину, треонину, метионину опытный образец превосходит контрольный на 0,19, 0,25, 0,19 % соответственно.

Таблица 3 - Физико-химические показатели мягкого сыра «Сырный мешочек»

Показатель	Значение	
	Контрольный образец (начинка из творога)	Опытный образец (начинка из рикотты)
Массовая доля влаги, %	64,78	67,93
Массовая доля жира, %	5,02	12,16
Массовая доля белка, %	17,99	14,89
Содержание хлористого натрия, %	0,68	0,7
pH	4,77	5,02

Таблица 4 – Аминокислотный состав мягкого сыра «Сырный мешочек»

Наименование аминокислоты	Содержание, %	
	Контрольный образец (начинка из творога)	Опытный образец (начинка из рикотты)
Аргинин	1,09	0,85
Лизин	2,15	2,34
Тирозин	1,24	0,92
Фенилаланин	1,49	1,18
Гистидин	1,31	1,19
Лейцин+Изолейцин	4,55	4,49
Метионин	0,91	1,10
Валин	2,12	2,07
Пролин	3,86	2,07
Треонин	2,14	2,39
Серин	1,63	1,51
Аланин	2,36	2,73
Глицин	1,15	1,22

Изучено содержание витаминов А и Е в полученном продукте.

Таблица 5 – Содержание некоторых витаминов в мягком сыре «Сырный мешочек», мг/кг

Показатель	Значение	
	Контрольный образец (начинка из творога)	Опытный образец (начинка из рикотты)
Витамин Е	1,63	0,74
Витамин А	0,065	0,12

По данным таблицы 5 видно, что содержание витамина Е в контрольном образце превышает его содержание в опытном образце на 0,89 мг. Содержание витамина А больше в опытном образце продукта на 0,055 мг.

Исходя из таблицы 6, можно отметить, что содержание таких полиненасыщенных жирных кислот, как линолевая и линоленовая в контрольном образце больше, чем в опытном: на 0,65% и 0,37% соответственно.

Изучено содержание микро- и макроэлементов в составе мягкого сыра «Сырный мешочек» (табл. 7).

Таблица 6 – Массовая доля жирных кислот от суммы жирных кислот в мягком сыре «Сырный мешочек», %

Наименование жирной кислоты	Значение	
	Контрольный образец (начинка из творога)	Опытный образец (начинка из рикотты)
Масляная	2,93	4,11
Каприловая	1,49	1,78
Каприновая	3,13	3,71
Лауриновая	4,15	4,14
Миристиновая	11,80	11,70
Миристолеиновая	1,44	1,54
Пальмитиновая	33,8	29,3
Пальмитолеиновая	2,10	2,04
Стеариновая	9,10	10,0
Олеиновая	21,8	25,1
Линолевая	2,47	1,82
Линоленовая	0,53	0,16

Таблица 7 - Элементный состав мягкого сыра «Сырный мешочек», мг/кг

Элемент	Значение	
	Контрольный образец (начинка из творога)	Опытный образец (начинка из рикотты)
Бор	1,1953	1,5983
Натрий	5855	13585
Магний	277	375
Фосфор	5998	3416
Кальций	4167	5065
Марганец	0,4847	0,3380
Кобальт	0,0221	0,0174
Йод	0,6859	0,9841
Железо	10,4482	11,4973
Калий	2017	3630

Таблица 8 - Микробиологические показатели мягкого сыра «Сырный мешочек»

Показатель	Значение	
	Контрольный образец (начинка из творога)	Опытный образец (начинка из рикотты)
БГКП	В 0, 001 г не обнаружено	В 0, 001 г не обнаружено
Сальмонеллы	В 25 г не обнаружено	В 25 г не обнаружено
S.aureus	В 0, 001 г не обнаружено	В 0, 001 г не обнаружено

Анализируя таблицу 7, можно отметить, что содержание таких важных для организма человека микроэлементов, как железо, йод и макроэлементов – бор, натрий, магний, калий, кальций, опытные образцы продукта превосходят контрольные.

Исходя из таблицы 8 можно сделать вывод о том, что по микробиологическим показателям оба образца продукта соответствуют требованиям ТР ТС 033/2013 Технический регламент Таможенного союза «О безопасности молока и молочной продукции».

Выводы. Полученные экспериментальные данные подтверждают высокое качество разработанного вида сыра. Разработанный продукт обладает уникальной структурой, обусловливающей приятные сенсорные ощущения и выраженный запаховый характер. Присутствие значительного количества полноценных белков, витаминов и макроэлементов позволяет считать продукцию перспективным компонентом сбалансированного питания, благоприятствующим укреплению здоровья широкого круга потребителей.

Исходя из данных исследований, можно утверждать, что данный продукт демонстрирует широкие перспективы использование как в промышленном производстве, так и частных фермерских хозяйствах. Проведённые изыскания демонстрируют эффективность предложенной технологии, позволяющей получать высококачественные молочные изделия и способствовать диверсификации ассортимента предприятий отечественной индустрии переработки молока.

Таким образом, данная работа представляет весомый вклад в развитие фундаментальных знаний о производстве сыров и переработке молочных продуктов, формируя основу для инновационных решений в области пищевых технологий. Полученное решение способно повысить конкурентоспособность отечественных изготовителей и обеспечить удовлетворение растущих запросов потребителей относительно высококачественной продукции питания.

Список литературы

1. Сакс Д.А. Мягкий сыр с добавкой из плодов клюквы / Д.А. Сакс, К.С. Ромадановская, Е.С. Мартынюк [и др.] // Вестник современных исследований. – 2020. – № 2-3 (32). – С. 43-44.

2. Borisova A.V. Recipe development and technology for soft cheese with application of vegetable raw materials / A.V. Borisova, E.S. Komarova, D.A. Belyakov, Ch.A. Myshova, A.V. Sergeeva // Modern Science and Innovations. 2020. № 1 (29). С. 56-66.

3. Технология мягких сыров: обзор предметного поля / Д.С. Мамай, С.П. Бабенышев, А.В. Мамай [и др.] // Сыроделие и маслоделие. – 2025. – № 1. – С. 13-22.

4. Туганова Б.С., Исаева К.С., Кажибаева Г.Т. Технология мягкого сыра из смеси молока сельскохозяйственных животных // Вестник Алматинского технологического университета. – 2021. – № 1. – С. 26-32.

5. Донскова Л.А., Лейберова Н.В., Лукиных М.И. Характеристика аминокислотного профиля мягких сыров и оценка биологической ценности // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. – 2023. – Т. 11. – № 4. – С. 55-64.

6. Бычкова М.В., Мочалов П.В. Динамика развития рынка мягких сыров россии с учетом сложившихся экономических условий // Молочная промышленность. – 2024. – № 4. – С. 102-103.

7. Myagkonosov D.S. Effect of the recombinant chymosins of different origins on production process of soft cheese / D.S. Myagkonosov, I.T. Smykov, D.V. Abramov, I.N. Delitskaya, V.N. Krayushkina // Food Systems. – 2022. – Т. 5. – № 2. – С. 164-171.

8. Изготовление мягкого сыра на основе козьего молока с новым видом белкового концентрата / И.Ф. Горлов, М.И. Сложенкина, В.В. Крючкова [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2023. – № 3 (71). – С. 241-250.

9. Купцова О.И., Чеканова Ю.Ю., Кобель А.В. Чеканова Изучение эффективности применения пахты при создании низколактозного мягкого сыра геронтологической направленности // Актуальные вопросы переработки мясного и молочного сырья. – 2023. – № 18. – С. 165-174.

10. Zhakupova G.N. Fatty acid composition of soft whey cheese / G.N. Zhakupova, T.Ch. Tultabayeva, A.T. Sagandyk, B. Kalemshariv, A.B. Nurtayeva, Z.S. Toregeldy // Вестник Алматинского технологического университета. – 2023. – № 4. – С. 138-144.

11. Abdizhapparova B.T. Salted cheese with vegetable additives / B.T. Abdizhapparova, N.S.Khanzharov , G.E. Orymbetova, G.S. Kenzhibayeva, M.K. Kassymova, M. Amangeldy / International Research Journal. 2020. № 6-1 (96). С. 84-90.

12. Молочный продукт с растительной добавкой из семейства бобовых / Л.А. Ибатуллина, С.Г. Канарейкина, Г.Г. Салихова [и др.]// Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2024. – № 1 (84). – С. 34-37.

13. Молочная сыворотка – ценное сырье в технологии кисломолочных продуктов / С.Г.Канарейкина, Е.С. Ганиева, Л.И. Султанова [и др.]// Вестник Башкирского государственного аграрного университета. – 2024. – № 1 (69). – С. 109-114.

14. Chaika D.Yu. Comparative sensorics of quality indicators of goat cheese, depending on the geographical region of production / D.Yu. Chaika, Yu.A. Plyusnina // Natural and Technical Sciences. 2022. № 6 (169). С. 348-349.

15. Залилова, З.А., Канарейкина С.Г., Ковшов В.А. Школа фермера – обучение тонкостям ремесленного сыроделия в Республике Башкортостан// Сыроделие и маслоделие. – 2021. – №1. – С. 52-54.

16. Кузина Е. Ю., Острецов В.Н. Состояние и перспективы производства сыра в России// Молочнохозяйственный Вестник. – 2016. – №1. – С. 115 - 123. 35

17. Макарова Е.А., Гаврилова Н.Б. Современная технология мягкого сыра для фермеров сибирского региона// Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2016. – №3. – С. 230-234.

18. Савина П.А., Войтенко О.С. Разработка технологии спортивного питания с добавлением растительного сырья и сыра рикотта // Ползуновский вестник. – 2022. – № 2. – С. 36-41.

References

1. Saks D.A. Soft cheese with the addition of cranberry fruits / D.A. Saks, K.S. Romadanovskaya, E.S. Martynyuk [et al.] // Bulletin of modern studies. - 2020. - No. 2-3 (32). - P. 43-44.

2. Borisova A.V. Recipe development and technology for soft cheese with the application of vegetable raw materials / A.V. Borisova, E.S. Komarova, D.A. Belyakov, Ch.A. Myshova, A.V. Sergeeva // Modern Science and Innovations. 2020. No. 1 (29). P. 56-66.

3. Technology of soft cheeses: a review of the subject field / D.S. Mamay, S.P. Babenyshev, A.V. Mamay [et al.] // Cheese and butter making. – 2025. – No. 1. – P. 13-22.

4. Tuganova B.S., Isaeva K.S., Kazhibaeva G.T. Technology of soft cheese from a mixture of milk of farm animals // Bulletin of Almaty Technological University. – 2021. – No. 1. – P. 26-32.

5. Donskova L.A., Leyberova N.V., Lukinykh M.I. Characteristics of the amino acid profile of soft cheeses and assessment of biological value // Bulletin of South Ural State University. Series: Food and Biotechnology. – 2023. – Vol. 11. – No. 4. – P. 55-64.

6. Bychkova M.V., Mochalov P.V. Dynamics of the development of the Russian soft cheese market, taking into account the current economic conditions // Dairy Industry. – 2024. – No. 4. – P. 102-103.

7. Myagkonosov D.S. Effect of the recombinant chymosins of different origins on the production process of soft cheese / D.S. Myagkonosov, I.T. Smykov, D.V. Abramov, I.N. Delitskaya, V.N. Krayushkina // Food Systems. – 2022. – Vol. 5. – No. 2. – P. 164-171.

8. Production of soft cheese based on goat's milk with a new type of protein concentrate / I.F. Gorlov, M.I. Slozhenkina, V.V. Kryuchkova [et al.] // News of the Lower Volga Agrarian University Complex: Science and Higher Professional Education. – 2023. – No. 3 (71). – P. 241-250.

9. Kuptsova O.I., Chekanova Yu.Yu., Kobel A.V. Chekanova Study of the efficiency of using buttermilk in the creation of low-lactose soft cheese for gerontological use // Current issues in the processing of meat and dairy raw materials. – 2023. – No. 18. – P. 165-174.

10. Zhakupova G.N. Fatty acid composition of soft whey cheese / G.N. Zhakupova, T.Ch. Tultabayeva, A.T. Sagandyk, B. Kalemshariv, A.B. Nurtayeva, Z.S. Toregeldy // Bulletin of Almaty Technological University. – 2023. – No. 4. – P. 138-144.

11. Abdizhapparova B.T. Salted cheese with vegetable additives / B.T. Abdizhapparova, N.S. Khanzharov, G.E.

Orymbetova, G.S. Kenzhibayeva, M.K. Kassymova, M. Amangeldy / International Research Journal. 2020. No. 6-1 (96). P. 84-90.

12. Dairy product with plant additive from the legume family / L.A. Ibatullina, S.G. Kanareikina, G.G. Salikhova [et al.] // Technology and commodity science of innovative food products. – 2024. – No. 1 (84). – P. 34-37.

13. Milk whey – a valuable raw material in the technology of fermented milk products / S.G. Kanareikina, E.S. Ganieva, L.I. Sultanova [et al.] // Bulletin of the Bashkir State Agrarian University. – 2024. – No. 1 (69). – P. 109-114.

14. Chaika D.Yu. Comparative sensorics of quality indicators of goat cheese, depending on the geographical region of production / D.Yu. Chaika, Yu.A. Plyusnina // Natural and Technical Sciences. 2022. No. 6 (169). P. 348-349.

15. Zalilova, Z.A., Kanareikina S.G., Kovshov V.A. Farmer's school – training in the intricacies of artisan cheese making in the Republic of Bashkortostan // Cheese and butter making. – 2021. – No. 1. – P. 52-54.

16. Kuzina E. Yu., Ostretsov V.N. State and prospects of cheese production in Russia // Dairy Farming Bulletin. – 2016. – No. 1. – P. 115-123. 35

17. Makarova E.A., Gavrilova N.B. Modern technology of soft cheese for farmers of the Siberian region // Bulletin of Omsk State Agrarian University. – 2016. – No. 3. – P. 230-234.

18. Savina P.A., Voitenko O.S. Development of technology of sports nutrition with the addition of plant materials and ricotta cheese // Polzunovsky Bulletin. – 2022. – No. 2. – P. 36-41.

10.52671/26867591_2026_1_290
УДК 631.312

ТЕХНОЛОГИИ, МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ АПК

КОКИЕВА Г.Е.[1], д-р техн. наук, профессор
СТЕПАНОВА С.В.[2], ст. преподаватель
ОХЛОПКОВА М.К.[3], канд. техн. наук, доцент
ФЕДОРОВА А.Я.[3], ст. преподаватель
ПРОКОПЬЕВА С.И.[3], канд. пед. наук, доцент
[1]ФГБОУ ВО Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В.Р. Филиппова, г. Улан-Удэ, Россия
[2]ФГБОУ ВО Арктический государственный агротехнологический университет, г. Якутск, Россия
[3]ФГАОУ Северо-Восточный Федеральный Университет им. М. К. Аммосова, г. Якутск, Россия

TECHNOLOGIES, MACHINERY AND EQUIPMENT FOR AGROINDUSTRIAL COMPLEX

KOKIEVA G.E.[1], Doctor of Technical Sciences, Professor
STEPANOVA S.V.[2], Senior Lecturer
OKHLOPKOVA M.K.[3], Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
FEDOROVA A.YA.[3], Senior Lecturer
PROKOPYEVA S.I.[3], Candidate of Pedagogic Sciences, Associate Professor
[1]Buryat State Agricultural Academy named after V.R. Filippov, Ulan-Ude, Russia
[2]Arctic State Agrotechnological University, Yakutsk, Russia
[3]North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov, Yakutsk, Russia

Аннотация. При производстве белково-витаминного концентрата широко применяют ферментаторы микробного синтеза, их выращивание в производственных ферментаторах обычно осуществляют непрерывным способом. Модернизация этих аппаратов является основным направлением как в усовершенствовании основного ферментационного оборудования БВК, так и создании новых высокоэффективных конструкции аппаратов. Сравнение нормализованных характеристик позволило выделить перспективные технические направления в создании ферментаторов для производств кормового белка. Правильный выбор конструкции ферментатора и его производительности в значительной степени определяет экономическую эффективность любого микробиологического производства. Исследование ферментаторов идет в направлении расширения области их применения для процессов выращивания, которым не требуется высокая интенсивность массообмена и перемешивания. Целью исследований является повышение выхода биомассы БВК посредством разработки научно-методологических основ для совершенствования технологии и оборудования при производстве белково-витаминного концентрата. Анализ конструктивных особенностей разработанных ферментаторов и их технико-экономических показателей свидетельствует о том, что разработка большого количества конструкции аппаратов не является обоснованной и скорее носит конъюктурный характер. В данной статье приведены данные по разработке белково-витаминного концентрата предназначенного для восполнения дефицита кормового белка.

Ключевые слова: животноводство, кормовые дрожжи, ферментатор, перемешивающее устройство.

Abstract. *In the production of protein-vitamin concentrate, fermenters for microbial synthesis are widely used, and their cultivation in industrial fermenters is usually carried out continuously. The modernization of these devices is a key direction both in improving the main fermentation equipment for PVC (protein-vitamin concentrate) and in creating new highly efficient designs. A comparison of standardized characteristics has allowed for the identification of promising technical directions in the development of fermenters for feed protein production. The correct choice of fermenter design and its capacity largely determines the economic efficiency of any microbiological production. Research on fermenters is moving in the direction of expanding their application for cultivation processes that do not require high mass transfer and mixing intensity.*

The aim of the research is to increase the yield of BVC biomass through the development of scientific and methodological foundations for improving the technology and equipment used in the production of protein-vitamin concentrate. An analysis of the design features of the developed fermenters and their technical and economic indicators indicates that creating a large number of apparatus designs is not justified and is rather of a speculative nature.This article presents data on the development of a protein-vitamin concentrate designed to compensate for the deficiency of feed protein.

Keywords: *livestock farming, feed yeast, fermenter, mixing device.*

Введение. Выращивание микроорганизмов с целью получения биомассы (кормового белка) является сложным процессом, который происходит в трехфазной системе газ-жидкость-клетка. Ферментатор должен быть рассчитан таким образом, чтобы его основные конструктивные элементы и режимы работы обеспечили необходимые условия для жизнедеятельности микроорганизмов. Такими условиями являются: обеспечение необходимой скорости переноса кислорода из газовой фазы в жидкую, обеспечение необходимой скорости переноса кислорода из жидкой фазы к клетке, равномерное распределение клеток, питания, солей, микроэлементов и других технологических параметров по объему среды, обеспечение необходимой скорости переноса продуктов метаболизма от клетки в объем среды. При этом имеется ввиду, что техническая реализация обеспечения заданных тепловых условий в аппарате не лимитирована масштабным переходом. Скорость растворения кислорода может служить определяющим масштабирующим параметром ферментаторов для производства кормового белка. Это условие с достаточной для инженерных расчетов точностью будет выполняться лишь для случаев интенсивного перемешивания. Для успешного масштабирования ферментаторов должно соблюдаться равенство параметров, определяющих перенос кислорода и перемешивание.

Несмотря на большой объем проведенных исследовании аппараты изучены недостаточно. До настоящего времени нет единого мнения по расчету мощности на перемешивание газожидкостных систем мешалками. Предложено множество уравнении для расчета мощности на их перемешивание. Методика расчета позволяет учитывать технические возможности отечественной машиностроительной промышленности и в то же время обоснованно рассчитать необходимые конструктивные и режимные параметры.

Получение микробной биомассы как источника полноценного белка, включает в себя подготовку сырья. Основу питательных сред для культивирования микроорганизмов составляют углеводы [1-10].

Условия, объекты и методы исследований.

Барботажные колонные ферментаторы выполняются в виде вертикальной емкости с размещенными газораспределительными устройствами.

Схема модели аппарата лабораторного ферментатора (рис. 1), который представляет собой вертикальный цилиндрический сосуд с эллиптическим, сферическим или плоским днищем. Воздух к мешалке подводится через общий коллектор, подключенный к ротационным газодувкам. Культуральная среда засасывается насосом в аппарат и подается в верхние слои культуральной жидкости.



Рисунок 1- Лабораторный ферментатор

Внутри аппарата по его оси, установлено перемешивающие устройство, состоящее из вала и расположенной на ней мешалке. В качестве диспергатора воздуха используется полая перфорированная мешалка и полый вал, через который поступает воздух. На рис. 2 представлено перемешивающее устройство в сборке [1-4].



Рисунок 2- Перемешивающее устройство в сборе

При этом должны соблюдаться следующие условия:

Рабочая вместимость аппарата не более 100 м3;

Диаметр диспергатора dg=dм;

Отношение dм · D-1 равно 0,2…0,3;

Число ярусов мешалок mя* равно I…4;

Расстояние между мешалками I…2 dм;

Отражательные перегородки выполняются в виде плоских пластин, их число и расположение принимается в соответствии (Вп=0,1D); высота пластин h=Но(1-φ)-1;

Окружная скорость мешалки Wt до 20 м·с-I;

Скорость воздуха, приведенная к сечению ферментатора Wr 0,01…0,07 м*с-I;

Время гомогенизации t 120…300 с;

Давление Ра над зеркалом жидкости равно атмосферному;

Высота жидкости не более 8 м.

Методика базируется на системе следующих основных эмпирических и аналитических уравнений. Включающих исходные данные и подлежащие определению параметры:

$$M = \alpha^{O2} \cdot X \quad (1)$$

$$Vp = \varphi \cdot (24 \cdot X)^{-1} \quad (2)$$

$$M = K_L \cdot \alpha \cdot \Delta C \quad (3)$$

$$V_Г = V_P \cdot V_V \quad (4)$$

$$K_L = Q = 30 \dots 35 \quad (5)$$

$$\tau = 120 \dots 300 = 225 Q^{0.27} \cdot m_я^{-0.32} \quad (6)$$

$$Vp = 0.785(0{,}2 \dots 0{,}3)^{-1} \cdot (1 \dots 2)\, m_я \cdot m_я \quad (7)$$

$$K_L = N_{0Т} = 0{,}26 \ (\text{при } K_{10ПТ} = 35) \quad (8)$$

$$H_o = (1 \dots 2)\, d_м \cdot m_я \quad (9)$$

$$N^M = K_N \cdot \rho \cdot n^3 \cdot d_м^5 \quad (10)$$

$$P_H = P_В = V_Г \cdot ln(P_H / P_В \quad (11)$$

$$P_{ср} = P_В + 0{,}05 H_o \quad (12)$$

$$K_L a = 0.8 N_V^{0.6} \cdot n^{0.2} \cdot m_я^{0.47} \cdot (d_м/D)^{1.8} \quad (13)$$

$$\Delta C = Ук \cdot P_{ср} \cdot Mp^{-1} \quad (14)$$

$$Ук = (Vv \cdot Ум - М/\rho O_2)/(Vv - М/\rho O_2) \quad (15)$$

Где М-скорость растворения кислорода, кг O_2*м$^{-3}$* ч$^{-1}$; Vp-рабочая вместимость аппарата м^3; Vг-расход газа, м^3*с$^{-1}$; τ- время гомогенизации, с; K_L-коэффициент массоотдачи в жидкой фазе, отнесенный к поверхности контакта фаз, м*с$^{-1}$; α^{O2}- расходный коэффициент по кислороду, кг *кг$^{-1}$; X-концентрация абсолютно сухой биомассы, кг *м$^{-3}$; φ-среднее газосодержание, об.доля, %; $K_L a$- объемный коэффициент массопередачи, с$^{-1}$; С-концентрация кислорода в жидкой фазе, кг *m^{-3}; V_V-удельный объемный расход газа, м^3*с$^{-1}$; N- мощность перемешивания; ρ-плотность, кг*м^3; n-частота вращения, с$^{-1}$; р-давление;

Результаты исследований и их обсуждение.

С увеличением приведенной скорости воздуха локальное газосодержание увеличивается и изменяется в пределах 10…40%. Изменение избыточного давления до 0,1 Мпа не оказывает существенного влияния на локальное газосодержание, но дальнейшее повышение давление приводит к уменьшению среднего газосодержания на величину до 3% на единицу давления. Среднее газосодержание увеличивается пропорционально расходу воздуха, дальнейшее увеличение на рост газосодержания влияет незначительно.

На рис. 2 приведена зависимость удельной скорости роста микроорганизмов в зависимости от поглощения глюкозы. Наиболее интенсивное потребление сахаров происходит в начальный момент процесса, причем поглощение глюкозы микробными клетками происходит с максимальной скоростью.

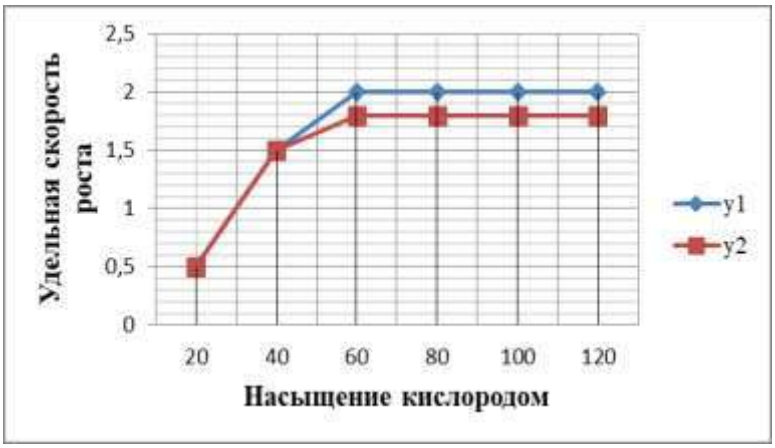


Рисунок 3 – Удельная скорость роста микробных клеток от концентрации насыщенного субстрата и концентрации биомассы



Рисунок 4 - Скорость растворения кислорода

Анализируя влияние скорости воздуха на скорость растворения кислорода для различных конструкции, можно отметить линейную зависимость между этими параметрами. Величина удельных энергозатрат характеризует экономику процесса растворения кислорода и эффективность конструкции, то необходимо определить как влияют гидродинамические параметры-приведенная скорость воздуха и рабочее давление-на эту величину.

Заключение. Вещества, которые необходимы для синтеза клеточного материала, а также источники энергии и углерода влияют на получение полноценной биомассы продукта. Сложность гидродинамических, тепловых, массообменных и биологических процессов пока исключает возможность теоретического расчета конструктивных элементов и режимов работы ферментаторов, обеспечивающих оптимальные условия для жизнедеятельности микроорганизмов. Конструкция ферментатора наиболее эффективна, если установка которой в технологическую линию даст минимальную себестоимость готовой продукции. Решающим фактором в этом случае являются затраты энергии на получение биомассы и растворение кислорода на стадии ферментации.

Правильный выбор конструкции ферментатора играет важную роль в создании экономичного производства кормового белка для вскармливания сельскохозяйственным животным.

Список литературы

1.Афанасьев, М. Г. Организационно-экономические основы развития кормопроизводства в Республике Саха (Якутия): дис. …канд. экон. наук. – Якутск: 2007. – 165 с. – EDN GUKGCF.

2. Войнаш, С.А. Метод биологической обработки сельскохозяйственных отходов путем микробного синтеза // Основы и перспективы органических биотехнологий. – 2020. – № 3. – С. 3-8.

3.Дарбасова, Л.А., Васильева, Т.И. Математическая модель производительности ферментатора при непрерывном процессе производства БВК // Научно-технический вестник Поволжья. – 2018. – № 10. – С. 82-84;

4.Дюкарев В.В., Ключковский А.Г., Дюкар И.В. Кормовые добавки в рационах животных: Теория и практика. – М.: Агропромиздат, 2009. – С. 279.

5.Иванов Р.В., Пермякова П.Ф. Научные основы совершенствования технологии кормления и содержания лошадей якутской породы. Опыты на взрослых лошадях: монография. – Новосибирск: Изд-во АНС «СибАК», 2018. – Часть II. – 112 с.

6.Кузнецов Н.И., Воротников И.Л. [и др.] Перспективы научно-технологического развития переработки сельскохозяйственного сырья: производство готовых кормов для животных. – Саратов: ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ, 2016. – 27 с

7.Лаврентова, В. Рынок протеиновых ингредиентов комбикормов // Сельскохозяйственное обозрение. – 2017. – № 11. – С. 32-50.

8. Ишевский, А.Л., Гунькова, П.И., Успенская, М.В. Практическая биотехнология: учебное пособие по направлению подготовки 12.04.04, 18.04.02, 19.04.01, 19.04.02, 19.04.03 в качестве учебного пособия для реализации основных профессиональных образовательных программ высшего образования магистратуры. – СПБ, 2023.

9.Кокаева М.Г., Д.О. Гурциева Влияние биологически активных препаратов на гематологические показатели коров // Сборник научных трудов Северо-Кавказского научно-исследовательского института животноводства. – 2016. – Т. 2 – № 5 – С. 80-85.

10.Кокиева Г. Е., Савватеева И. А., Дмитриева Т. Г. Математическое моделирование аппарата для культивирования микроорганизмов с подводом кислорода, содержащим механическое перемешивающее устройство // Научно-технический вестник Поволжья. – 2018. – № 9. – С. 48-50. – EDN VJXGEQ.

11.Кокиева Г.Е. Эксплуатация ферментатора в сельском хозяйстве: монография. – Барнаул, 2016. – 120 с.;

12.Increase of Animal Products by Means of Complete Feed Provision / A. G. Cherkashina, S. V. Stepanova, A. V. Spiridonova, R. G. Kalininsky // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, City of Vladivostok. – City of Vladivostok, 2021. – P. 012118. – DOI 10.1088/1755-1315/720/1/012118. – EDN LDKQSB.

13. Pozdieiev, S.V., Nizhnyk, V.V., Ballo, Y.V., Nuianzin, A.M., Uhanskyy, R.V., Kropyvnytskiy, V.S. The rationale for a safe distance between fermenters for biogas production // Bezpieczenstwo i Technika Pozarnicza. 2018. T. 51. № 3. C. 60-67.

14. Kwak J.H., Baek S.H., Woo Y. Beneficial immunostimulatory effect of short-term Chlorella supplementation: enhancement of natural killer cell activity and early inflammatory response (randomized, double blinded, placebo-controlled trial) // Nutr. J. – 2012. – Vol. 11. – P. 53.

15. Otsuki T., Shimizu K., Iemitsu M., I. Kono Salivary secretory immunoglobulin A secretion increases after 4-weeks ingestion of chlorella-derived multicomponent supplement in humans: a randomized cross over study // Nutr. J. – 2011. – Vol. 10. – P. 91.

References

1. Afanasyev, M. G. Organizational and economic foundations for the development of forage production in the Republic of Sakha (Yakutia): dissertation for the degree of candidate of economic sciences. - Yakutsk: 2007. - 165 p. - EDN GUKGCF.

2. Voynash, S. A. Method of biological treatment of agricultural waste by microbial synthesis // Fundamentals and prospects of organic biotechnology. - 2020. - No. 3. - pp. 3-8.

3. Darbasova, L. A., Vasilyeva, T. I. Mathematical model of fermenter productivity in a continuous process of BVK production // Scientific and technical bulletin of the Volga region. - 2018. - No. 10. - pp. 82-84; 4. Dyukarev V.V., Klyuchkovsky A.G., Dyukar I.V. Feed additives in animal diets: Theory and practice. - Moscow: Agropromizdat, 2009. - P. 279.

5. Ivanov R.V., Permyakova P.F. Scientific basis for improving the technology of feeding and keeping horses of the Yakut breed. Experiments on adult horses: monograph. - Novosibirsk: Publishing house ANS "SibAK", 2018. - Part II. - 112 p.

6. Kuznetsov N.I., Vorotnikov I.L. [et al.] Prospects for scientific and technological development of agricultural raw material processing: production of finished animal feed. – Saratov: FGBOU VO Saratov SAU, 2016. – 27 p.

7. Lavrentova, V. Market of protein ingredients of compound feed // Agricultural Review. – 2017. – No. 11. – Pp. 32-50.

8. Ishevsky, A.L., Gunkova, P.I., Uspenskaya, M.V. Practical biotechnology: a textbook in the direction of training 12.04.04, 18.04.02, 19.04.01, 19.04.02, 19.04.03 as a teaching aid for the implementation of the main professional educational programs of higher education of the master's degree. – St. Petersburg, 2023.

9. Kokaeva, M.G., D.O. Gurtsieva, Effect of Biologically Active Preparations on Hematological Parameters of Cows // Collection of Scientific Papers of the North Caucasus Research Institute of Animal Husbandry. – 2016. – Vol. 2 – No. 5 – Pp. 80-85.

10. Kokieva, G. E., Savvateeva, I. A., Dmitrieva, T. G. Mathematical Modeling of an Apparatus for Cultivating Microorganisms with Oxygen Supply Containing a Mechanical Mixing Device // Scientific and Technical Bulletin of the Volga Region. – 2018. – No. 9. – Pp. 48-50. – EDN VJXGEQ.

11. Kokieva, G. E. Operation of a Fermenter in Agriculture: Monograph. – Barnaul, 2016. – 120 p.;

12.Increase of Animal Products by Means of Complete Feed Provision / A. G. Cherkashina, S. V. Stepanova, A. V. Spiridonova, R. G. Kalininsky // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, City of Vladivostok. – City of Vladivostok, 2021. – P. 012118. – DOI 10.1088/1755-1315/720/1/012118. – EDN LDKQSB.

13. Pozdieiev, S.V., Nizhnyk, V.V., Ballo, Y.V., Nuianzin, A.M., Uhanskyy, R.V., Kropyvnytskiy, V.S. The rationale for a safe distance between fermenters for biogas production // Bezpieczenstwo i Technika Pozarnicza. 2018. T. 51. No. 3. P. 60-67.

14. Kwak J.H., Baek S.H., Woo Y. Beneficial immunostimulatory effect of short-term Chlorella supplementation: enhancement of natural killer cell activity and early inflammatory response (randomized, double blinded, placebo-controlled trial) // Nutr. J. – 2012. – Vol. 11. – P. 53.

15. Otsuki T., Shimizu K., Iemitsu M., I. Kono Salivary secretory immunoglobulin A secretion increases after 4-weeks ingestion of chlorella-derived multicomponent supplement in humans: a randomized cross over study // Nutr. J. – 2011. – Vol. 10. – P. 91.

10.52671/26867591_2026_1_295
УДК 664.6

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МУКИ ИЗ ПРОРОЩЕННОГО ЗЕРНА ГРЕЧИХИ ПРИ ВЫРАБОТКЕ ИЗДЕЛИЙ ДЛИТЕЛЬНОГО ХРАНЕНИЯ

ЛАТЫПОВА Р.Р., ассистент
БАЯЗИТОВА Н.Р. , мл. науч. сотрудник
КОЩИНА Е.И., ст. преподаватель
БАДАМШИНА Е.В., канд. техн. наук, доцент
МАРТЫНОВ В.М., д-р техн. наук, доцент
Башкирский государственный аграрный университет, г. Уфа, Россия

POSSIBILITIES OF USING FLOUR FROM SPROUTED BUCKWHEAT GRAIN IN THE PRODUCTION OF LONG-TERM STORAGE PRODUCTS

LATYPOVA R.R., assistant
BAYAZITOVA N.R., Junior Researcher
KOSHCHINA E.I., Senior Lecturer
BADAMSHINA E.V., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
MARTYNOV V.M., Doctor of Technical Sciences, Associate Professor
Bashkir State Agrarian University, Ufa, Russia

Аннотация. Было проведено исследование возможности применения муки из пророщенного зерна гречихи в технологии хлебобулочных изделий длительного хранения взамен части пшеничной муки первого сорта. Экспериментальные исследования проводились на базе ФГБОУ ВО Башкирский Государственный аграрный университет, в частности, на кафедре технологии общественного питания и переработки растительного сырья. Объектами исследований выступали образцы хлебных палочек с заменой части пшеничной муки на муку из пророщенного зерна гречихи: образец №1, образец №2, образец №3, образец №4 и контроль. В результате проведенных исследований установлено, что замена пшеничной муки первого сорта на муку из пророщенного зерна гречихи в количестве 15 % (образец №3) от массы пшеничной муки является оптимальным. Согласно полученным данным, проведенных в результате исследований, внесение 15% муки из пророщенного зерна гречихи в рецептуру хлебных палочек положительно сказывается как на органолептических, так и на физико-химических показателях. Полученные экспериментальные данные свидетельствуют о возможности включения муки из пророщенного зерна гречихи в рецептурный состав хлебобулочных изделий длительного хранения

Ключевые слова: хлебобулочные изделия, хлебные палочки, мука, органолептические показатели, кислотность, изделия длительного хранения

Abstract. *A study was conducted on the possibility of using buckwheat germ flour in the production of long-term bakery products as a substitute for part of the first-grade wheat flour. The experimental studies were conducted at the Bashkir*

State Agrarian University, specifically at the Department of Public Nutrition Technology and Plant Processing. The objects of the study were samples of bread sticks with a portion of wheat flour replaced by buckwheat germ flour: sample 1, sample 2, sample 3, sample 4, and the control sample. As a result of the conducted research, it was found that the replacement of first-grade wheat flour with buckwheat germ flour in an amount of 15% (sample No. 3) of the wheat flour weight is optimal. According to the data obtained from the research, the addition of 15% buckwheat germ flour to the recipe of bread sticks has a positive effect on both the organoleptic and physical and chemical properties. The experimental data obtained indicate that buckwheat germ flour can be included in the recipe of long-term storage bakery products.

***Keywords**:bakery products, bread sticks, flour, organoleptic characteristics, acidity, long-term storage products*

Введение. Хлебобулочные изделия, являющиеся неотъемлемым компонентом повседневного рациона, обладают высокими потребительскими свойствами, включая привлекательные органолептические характеристики и хорошую усвояемость. Повышение пищевой ценности хлебобулочных изделий остаются актуальной задачей современной пищевой промышленности. Одним из перспективных направлений для решения указанных задач является модификация рецептурного состава за счет введения нетрадиционных видов сырья [4-10].

Процесс проращивания (биоактивации) зерна запускает комплекс биохимических преобразований, приводящих к значительному повышению содержания витаминов, антиоксидантов (таких как рутин и кверцетин), пищевых волокон и свободных аминокислот [4-5].

Включение подобного сырья в рецептуры хлебобулочных изделий длительного хранения позволяет не только обогатить их состав, но и повысить качество готовой продукции [12-15].

Как отмечается в ранее проведенных исследованиях, использование гречневой муки, в том числе полученной из биоактивированного зерна, способно положительно влиять на структурно-механические характеристики теста, удельный объем хлеба и на его органолептические показатели [4-5, 11].

Целью настоящего исследования являлось изучение возможностей применения муки из пророщенного зерна гречихи в технологии хлебобулочных изделий длительного хранения с оценкой ее влияния на пищевую ценность, физико-химические, органолептические показатели качества и сохранность готовой продукции.

Объекты и методы исследования. Экспериментальные исследования проводились на базе ФГБОУ ВО Башкирский Государственный аграрный университет, в частности, на кафедре технологии общественного питания и переработки растительного сырья для установления возможности использования муки из пророщенной гречихи при производстве хлебобулочных изделий длительного хранения.

В исследовании использовалась мука из пророщенного зерна гречихи, полученная из Чишминского селекционного центра по растениеводству ФГБНУ БНИИСХ УФИЦ РАН из сорта «Инзерская». Данная мука, полученная на кафедре технологии общественного питания и переработки растительного сырья ФГБОУ ВО БашГАУ, отвечала всем требованиям ТУ 9293-005-00932169-96 [3].

Влажность и кислотность хлебных палочек определялось согласно ГОСТ 8494-96 [2].

Объектами исследований выступали образцы хлебных палочек с заменой части пшеничной муки на муку из пророщенного зерна гречихи: образец №1, образец №2, образец №3,образец №4 и контроль.

Оценку качества готовых изделий проводили через 4 часа после выпечки. Качество готовой продукции определяли по органолептическим показателям согласно ГОСТ 28881-90 «Палочки хлебные. Общие технические условия» [1].

Результаты исследования. В исследовании использовали муку из пророщенного зерна гречихи, полученную в лабораторных условиях на кафедре ТОП и ПРС из сорта «Инзерская». По ранее проведенным исследованиям, Бадамшиной Е.В. и ее соавторами было установлено, что мука из пророщенного зерна гречихи из сорта «Инзерская» по сравнению с остальными сортами показала хороший результат по содержанию крахмала и белка [4].

За основу хлебных палочек взяли утвержденную рецептуру. Рецептура контрольного и опытных образцов хлебных палочек приведена в таблице 1.

Таблица 1 - Рецептура контрольного и опытных образцов хлебных палочек

Наименование сырья	Расход сырья на 100 г				
	Контрольный образец	Образцы с добавлением муки из пророщенного зерна гречихи, %			
		Образец №1	Образец №2	Образец №3	Образец №4
Мука пшеничная 1 сорта	100	95	90	85	80
Мука из пророщенного зерна гречихи	-	5	10	15	20
Дрожжи пресс., кг	5,0				
Соль поваренная, кг	2,0				
Сахар-песок, кг	2,0				
Масло растительное, кг	2,5				
Итого	111,5				

Технологический процесс осуществляли в соответствии с технологическими инструкциями и санитарными нормами и правилами, с соблюдением основных параметров процесса подготовки теста, приготовления хлебных палочек. Замес теста и разделка проводилось вручную. Брожение теста происходило в термостате при 30-40 С и относительной влажности воздуха 75-80%. Окончательная расстойка – в расстойной камере лабораторной печи при автоматическом регулировании условий расстойки (температуры и времени).

Выпечку контрольного образца из муки первого сорта и опытных образцов с заменой части пшеничной муки сорта на муку из пророщенного зерна гречихи проводили шагом в 5%, при температуре 200-240 С.

Поверхность опытных образцов не изменялась, вмятины не обнаружены. Вкус всех образцов свойственный хлебным палочкам. Однако внесение в рецептуру хлебных палочек муки из пророщенного зерна гречихи более 20% существенно ухудшает внешний вид изделия. На рисунке 1 представлен внешний вид контрольного и опытных образцов хлебных палочек с различной дозировкой муки из пророщенного зерна гречихи.



Рисунок 1 – Внешний вид контрольного и опытных образцов с различной дозировкой муки из пророщенного зерна гречихи

Для определения рецептуры с оптимальным процентом добавки муки из пророщенного зерна гречихи была проведена дегустация. По результатам дегустационной оценки построена профилограмма, приведенная на рисунке 2.

Данная профилограмма отражает органолептические показатели изделий с различным содержанием муки из пророщенного зерна гречихи по следующим показателям: аромат, вкус, цвет мякиша, форма палочек, окраска поверхности, состояние поверхности.



Рисунок 2 - Профилограмма контрольного и опытных образцов с различной дозировкой муки из пророщенного зерна гречихи

По результатам проведенной органолептической оценки готовых изделий, приготовленных с частичной заменой муки первого сорта на муку из пророщенного зерна гречихи, можно сделать вывод, что все изделия имеют достаточно высокие оценки по всем органолептическим показателям. Полученные экспериментальные образцы хлебных палочек соответствуют требованию ГОСТ 28881-90 «Палочки хлебные. Технические условия»

Исследованы физико-химические показатели хлебных палочек. Влажность готовых изделий изменялась в пределах ошибки (8,1-8,7 %). Это говорит о том, что внесение муки из пророщенного зерна гречихи в рецептуру хлебных палочек не оказало влияния на влажность. Все полученные образцы соответствуют ГОСТ 28881-90 «Палочки хлебные. Технические условия».

На рисунке 3 приведено изменение кислотности в хлебных палочках за счет внесения продукта переработки пророщенного зерна в рецептуру. Это свидетельствует, что в муке из пророщенного зерна гречихи присутствуют свободные жирные кислоты.

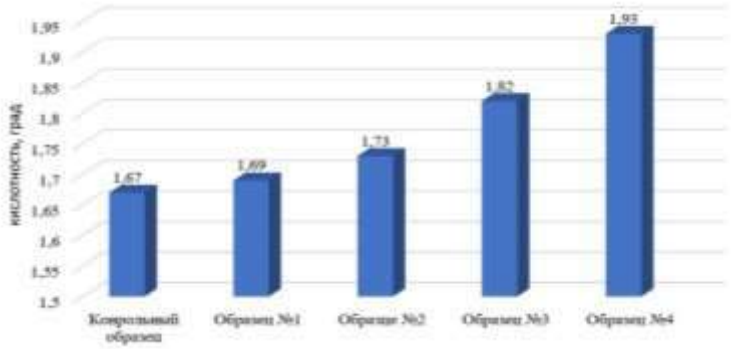


Рисунок 3 - Изменение кислотности в зависимости от частичной дозировки муки из пророщенного зерна гречихи

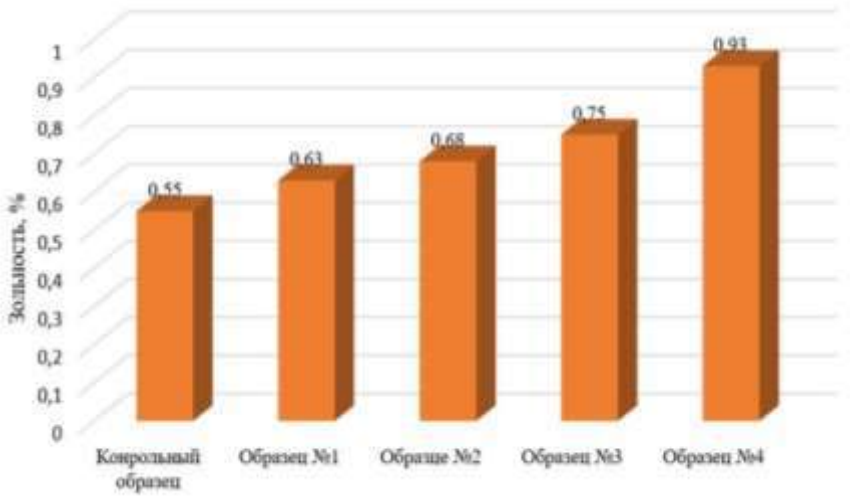


Рисунок 4 - Изменение зольности в зависимости от частичной дозировки муки из пророщенного зерна гречихи

Внесение продуктов переработки пророщенного зерна гречихи повышает количество минеральных веществ. На рисунке 4 можно увидеть, что зольность хлебных палочек с внесением муки из пророщенного зерна увеличивается, но не превышает нормированные показатели хлебных палочек.

Полученные данные в результате проведенных исследований показывают, что по органолептическим и физико-химическим показателям готовых изделий оптимальным является введение в рецептуру хлебных палочек 15% муки из пророщенного зерна гречихи.

По результатам расчета химического состава хлебобулочных изделий длительного хранения, в разработанном образце хлебных палочек, содержание основных питательных веществ значительно выше по сравнению с контрольным образцом. Так, в хлебных палочках с заменой части пшеничной муки на муку из пророщенного зерна гречихи в количестве 15 %, по сравнению с контрольным образцом, содержание белков увеличилось на 3%, а суммарное количество макроэлементов на 10,67 %.

Исходя из полученных данных, был рассчитан аминокислотный скор исследуемых образцов, который приведен в таблице 2.

Таблица 2 – Аминокислотный скор исследуемых образцов

Наименование незаменимой аминокислоты	Аминокислотный состав 1 г идеального белка, мг	Аминокислотный скор, %	
		контроль	Образец №3
Триптофан	10	113,8	116,15
Лейцин	70	109,54	106,82
Изолейцин	40	125,23	122,82
Валин	50	94,46	96,37
Треонин	40	75,46	77,36
Лизин	55	46,64	51,58
Фенилаланин +тирозин	60	138,68	142,31
Лимитирующая аминокислота		Лизин+ треонин	

Из таблицы 2 видно, что в исследуемых образцах хлебных палочек лимитирующими являются аминокислоты -треонин и лизин. Однако значения скоров этих аминокислот в хлебных палочках с добавлением 15 % муки из пророщенного зерна гречихи превосходят значения контрольного образца, что показывает лучшую усвояемость и сбалансированность разработанного изделия. Кроме того, был произведен расчет энергетической ценности исследуемых образцов. Из полученных данных, установленных расчетным путем, энергетическая ценность хлебных палочек с добавлением 15 % муки из пророщенного зерна выше на 5,02% по сравнению с контрольным образцом.

Выводы. Таким образом, данные, полученные в процессе проведенных исследований, свидетельствуют о том, что внесение в рецептуру хлебных палочек муки из пророщенного зерна гречихи в количестве 15 % (образец №3) является оптимальным. Добавление данной муки позволяют улучшить органолептические и физико-химические показатели, а так же повысить энергетическую ценность хлебных палочек на 5,02% по сравнению с контрольным образцом. Полученные результаты, подтверждают возможность применения муки из пророщенного зерна гречихи в рецептуре хлебных палочек, а так же позволяет расширить ассортимент хлебобулочных изделий длительного хранения.

Список литературы

1. ГОСТ 28881-90 «Палочки хлебные. Общие технические условия».
2. ГОСТ 8494-96 «Сухари сдобные пшеничные. Технические условия»
3. ТУ9293-005-00932169-96 Мука гречневая 1 сорта
4. Бадамшина, Е. В. Применение гречихи в рецептуре хлеба / Е. В. Бадамшина, С. А. Леонова, Н. Ш. Никулина // Вестник КрасГАУ. – 2024. – № 5(206). – С. 199-206. – DOI 10.36718/1819-4036-2024-5-199-206.
5. Возможности использования муки из биоактивированных семян гречихи в технологии хлебулочных изделий / Е. В. Бадамшина, С. А. Леонова, Н. Ш. Никулина [и др.] // АПК России: образование, наука, производство: сб. стат. V Всерос. (нац.) науч.-практ. конф. с междунар. участием / под науч. ред. М.К. Садыговой, М.В. Беловой, А.А. Галиуллина. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2023. – С. 130-134
6. Кощина Е. И., Гареева И. Т., Латыпова Р. Р. Использование муки из конопляного жмыха при производстве хлебобулочных изделий длительного хранения // Продукты питания: производство, безопасность, качество: материалы междунар. науч.-практ. конф. – Уфа: Башкирский государственный аграрный университет, 2022. – С. 126-131.
7. Использование амарантовой муки при производстве хлебобулочных изделий / А. С. Нигматзянов, Е. И. Кощина, Н. Ш. Никулина [и др.] // АПК России: образование, наука, производство: сб. стат. VII Всерос. (нац.) науч.-практ. конф. с междунар. участием. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2024. – С. 121-126.
8. Леонова С. А., Черненкова А. А., Никифорова Т. А. Оптимизация дозировки стевиозида в рецептуре коржиков // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2016. – № 6(41). – С. 58-63.
9. Леонова С. А., Никулина Н. Ш., Кощина Е. И. Использование нетрадиционного сырья в производстве безглютенового крекера // Пищевые технологии будущего: инновации в производстве и переработке сельскохозяйственной продукции: сб. стат. V Междунар. науч.-практ. конф. в рамках VI Научно-практического форума «День хлеба и соли». – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2025. – С. 173-177. – EDN XWPEEA.
10. Нигматзянов А. С., Багаутдинов И. И., Гусев А. Н. Перспективы применения свекольного сока в рецептуре хлебобулочных изделий // Технологии и продукты здорового питания: сборник статей XII Нац. науч.-практ. конф. с междунар. участием / под общ. ред. Н.В. Неповинных, О.М. Поповой, Е.В. Фатьянова. – Саратов: Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова, 2021. – С. 483-489. – EDN FSSQNN.
11. Никифорова, Т. А., Хон И. А. Влияние гречневой мучки на сохранение свежести хлеба // Хлебопродукты. – 2017. – № 6. – С. 38-39.
12. Никифорова Т. А., Хон И. А. Использование гречневой мучки в производстве хлеба // Хлебопродукты. – 2016. – № 3. – С. 51-53.
13. Пономарева Е. И., Алехина Н. Н., Скворцова О. Б. Изменение пищевой ценности зерна гречихи при проращивании с использованием обработанной ультразвуком воды // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2020. – № 1(373). – С. 30-33. – DOI 10.26297/0579-3009.2020.1.8.
14. Пащенко Л. П., Жаркова И.М. Технология хлебопекарного производства. – СПб: «Лань», 2014. – 672 с
15. Тимакова Р. Т., Гулова Т. И. Исследование возможности применения в хлебопечении муки из пророщенного после обработки излучением зерна пшеницы // Зерновое хозяйство России. – 2024. – Т. 16. – № 6. – С. 81-86. – DOI 10.31367/2079-8725-2024-95-6-81-86.
16. Wheat flour fortification to prevent iron-deficiency anemia. In flour and breads and their fortification in health and disease prevention / G.O. Latunde-Dada [et al.] // Elsevier, 2019. P. 485-49
17. Aubrecht, E., & Biacs, P. A. Characterization of buckwheat grain proteins and its products // Acta Alimentaria. - 2001. - 30 (1). - P. 71-80.

18. Batool SI, Zeb A, Zakaria M., (2016). Sensory evaluation of breadstick of wheat flour supplemented with buckwheat flour. International Journal of Food Science and Nutrition 1(5): 51–53.

References

1. GOST 28881-90 "Breadsticks. General specifications."

2. GOST 8494-96 "Wheat rusks. Specifications."

3. TU9293-005-00932169-96 Buckwheat flour, grade 1

4. Badamshina, E. V. Use of buckwheat in bread recipes / E. V. Badamshina, S. A. Leonova, N. Sh. Nikulina // Bulletin of KrasSAU. - 2024. - No. 5 (206). - P. 199-206. - DOI 10.36718/1819-4036-2024-5-199-206.

5. Possibilities of using flour from bioactivated buckwheat seeds in bakery technology / E. V. Badamshina, S. A. Leonova, N. Sh. Nikulina [et al.] // AIC of Russia: education, science, production: collection of articles of the V All-Russian (national) scientific and practical conference with international participation / under the scientific editorship of M. K. Sadygova, M. V. Belova, A. A. Galiullin. - Penza: Penza State Agrarian University, 2023. - Pp. 130-134

6. Koshchina E. I., Gareeva I. T., Latypova R. R. Use of flour from hemp cake in the production of long-life bakery products // Food products: production, safety, quality: materials of the international scientific and practical conference. - Ufa: Bashkir State Agrarian University, 2022. - Pp. 126-131.

7. Use of amaranth flour in the production of bakery products / A. S. Nigmatzyanov, E. I. Koshchina, N. Sh. Nikulina [et al.] // AIC of Russia: education, science, production: collection of articles from the VII All-Russian (national) scientific and practical conference with international participation. - Penza: Penza State Agrarian University, 2024. - Pp. 121-126.

8. Leonova S. A., Chernenkova A. A., Nikiforova T. A. Optimization of stevioside dosage in the recipe for shortbread cookies // Technology and commodity science of innovative food products. - 2016. - No. 6 (41). - Pp. 58-63.

9. Leonova S. A., Nikulina N. Sh., Koshchina E. I. Use of unconventional raw materials in the production of gluten-free crackers // Food technologies of the future: innovations in the production and processing of agricultural products: collection of articles from the V International scientific and practical conference within the framework of the VI Scientific and practical forum "Day of Bread and Salt". - Penza: Penza State Agrarian University, 2025. - Pp. 173-177. - EDN XWPEEA.

10. Nigmatzyanov A. S., Bagautdinov I. I., Gusev A. N. Prospects for the use of beetroot juice in the formulation of bakery products // Technologies and products of healthy food: collection of articles from the XII National scientific and practical conference with international participation / edited by N. V. Nepovinnykh, O. M. Popova, E. V. Fatyanova. – Saratov: Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov, 2021. – Pp. 483-489. – EDN FSSQNN.

11. Nikiforova, T. A., Khon, I. A. The effect of buckwheat flour on maintaining the freshness of bread // Bread products. – 2017. – No. 6. – Pp. 38-39.

12. Nikiforova, T. A., Khon, I. A. Use of buckwheat flour in bread production // Bread products. – 2016. – No. 3. – Pp. 51-53.

13. Ponomareva, E. I., Alekhina, N. N., Skvortsova, O. B. Changes in the nutritional value of buckwheat grain during germination using ultrasound-treated water // News of higher educational institutions. Food technology. – 2020. – No. 1(373). – P. 30-33. – DOI 10.26297/0579-3009.2020.1.8.

14. Pashchenko L. P., Zharkova I. M. Technology of bakery production. – St. Petersburg: "Lan", 2014. – 672 p.

15. Timakova R. T., Gulova T. I. Study of the possibility of using flour from wheat grain sprouted after radiation treatment in bread baking // Grain Economy of Russia. – 2024. – Vol. 16. – No. 6. – P. 81-86. – DOI 10.31367/2079-8725-2024-95-6-81-86.

16. Wheat flour fortification to prevent iron-deficiency anemia. In flour and breads and their fortification in health and disease prevention / G.O. Latunde-Dada [et al.] // Elsevier, 2019. P. 485-49

17. Aubrecht, E., & Biacs, P. A. Characterization of buckwheat grain proteins and its products // Acta Alimentaria. - 2001. - 30 (1). - P. 71-80.

18. Batool SI, Zeb A, Zakaria M., (2016). Sensory evaluation of breadstick of wheat flour supplemented with buckwheat flour. International Journal of Food Science and Nutrition 1(5): 51–53.

10.52671/26867591_2026_1_300
УДК 621.43

ОБКАТКА В ХОЛОДНОМ РЕЖИМЕ ДВИГАТЕЛЕЙ МОБИЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ПОСРЕДСТВОМ НЕЗАВИСИМОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДНОГО АГРЕГАТА

МАГОМЕДОВ Ф.М.[1], д-р техн. наук, профессор
МЕЛИКОВ И.М.[1], д-р техн. наук, профессор
АБАЧАРАЕВ И.М.[2], д-р техн. наук, доцент
ГАСАНОВА Э.С.[1], канд. филол. наук, доцент
МАГОМЕДОВА Н.Ф.[1], ст. преподаватель
[1]ФГБОУ ВО Дагестанский ГАУ, г. Махачкала, Россия
[2]Прикаспийский межрегиональный институт (филиал) ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)», г. Махачкала

COLD RUNNING-IN OF VEHICLE ENGINES USING AN INDEPENDENT ELECTRIC DRIVE UNIT

MAGOMEDOV F.M.[1], Doctor of Technical Sciences, Professor
MELIKOV I.M.[1], Doctor of Technical Sciences, Professor
ABACHARAEV I.M.[2], Doctor of Technical Sciences, Associate Professor
GASANOVA E.S., Candidate of Philology Sciences, Associate Professor
MAGOMEDOVA N.F., Senior teacher
[1]Dagestan State Agrarian University, Makhachkala, Russia
[2]Caspian Interregional Institute (branch) of Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI), Makhachkala, Russia

Аннотация. В статье представлено комплексное исследование инновационного метода обкатки двигателей мобильных транспортных средств – в холодном режиме с применением независимого электроприводного агрегата. В ходе исследования проведён детальный анализ традиционных методов горячей обкатки, выявлены их ключевые недостатки: повышенный расход топлива, увеличенные выбросы вредных веществ, интенсивный износ деталей в начальный период эксплуатации. В противовес этому рассмотрен перспективный метод холодной обкатки, позволяющий существенно смягчить негативные эффекты. Подтверждены существенные преимущества предложенного метода: снижение износа деталей за счёт отсутствия интенсивного нагрева; улучшение эксплуатационных характеристик (прирост мощности, снижение расхода топлива); сокращение выбросов CO_2 на 15-20 % по сравнению с традиционными методами; потенциальное увеличение срока службы двигателя на 10-15 %. Вместе с тем обозначены и ограничения метода: необходимость более тщательной подготовки двигателя, высокая стоимость оборудования, потребность в квалифицированном персонале, а также вариативность параметров обкатки для разных типов транспортных средств. Проведён анализ механических потерь в различных узлах двигателя (цилиндропоршневая группа, кривошипно-шатунный механизм, газораспределительный механизм и др.), демонстрирующий существенную роль трения в неопробованных агрегатах.

Ключевые слова: обкатка, двигатели, холодный режим, электроприводной агрегат, мобильные транспортные средства.

Abstract*. The article presents a comprehensive study of an innovative method for breaking in engines of mobile vehicles - in a cold mode using an independent electric drive unit. The study conducted a detailed analysis of traditional hot break-in methods, identifying their key disadvantages: increased fuel consumption, increased emissions of harmful substances, and intensive wear of parts during the initial period of operation. In contrast, a promising cold break-in method is considered, which can significantly mitigate the negative effects. Significant advantages of the proposed method are confirmed: reduced wear of parts due to the absence of intensive heating; improved performance characteristics (increased power, decreased fuel consumption); a reduction in CO_2 emissions by 15-20% compared to traditional methods; a potential increase in engine service life by 10-15%. At the same time, the limitations of the method are also identified: the need for more thorough engine preparation, high equipment cost, the need for qualified personnel, and the variability of break-in parameters for different types of vehicles. An analysis of mechanical losses in various engine components (cylinder-piston group, crank mechanism, valve timing mechanism, etc.) was conducted, demonstrating the significant role of friction in untested units.*

Keywords*: running-in, engines, cold mode, electric drive unit, mobile vehicles.*

Введение. Обкатка двигателей является важным этапом в процессе его эксплуатации, позволяющий выявить возможные дефекты и оптимизировать работу силового агрегата. Она также позволяет обеспечить оптимальную приработку деталей и узлов, что способствует повышению надёжности и долговечности двигателей. Традиционно обкатка проводится в горячем режиме, когда двигатель работает на топливе, осуществляется в условиях, приближенных к реальным, что может привести к увеличению выбросов вредных веществ и повышенному расходу топлива. Однако такой подход имеет ряд недостатков, связанных с повышенным износом деталей и повышенным расходом топлива.

В последние годы всё больше внимания уделяется обкатке двигателей в холодном режиме, то есть без использования топлива. Современные технологии и перспективные методы, такие как использование независимого электроприводного агрегата, предлагают новые подходы для повышения эффективности обкатки и снижения негативного влияния на окружающую среду. Этот метод позволяет проводить обкатку в более мягких условиях, что способствует снижению износа деталей и улучшению эксплуатационных характеристик двигателя.

Для обкаточно-тормозных стендов, которые базируются на электромашинах, имеющих фазные роторы, характерно обладание конкретными значениями синхронной частоты вращения, а также мощности. Это позволяет эффективно проводить обкатку исключительно двигателей, имеющих соответствующе параметры. Из-за этого требуется применение стендов различных типоразмеров. Их покупка и установка влекут за собой существенные финансовые затраты. Если объём проводимых обкаток небольшой, то срок окупаемости

капитальных вложений увеличивается, что минимизирует шансы приобретения такого оборудования[4].

В процессе выполнения предписанных стандартных технологий при обкатке пользуются обкаточно-тормозными стендами [13–14]. Ими затрачивается много электроэнергии на протяжении обкатки в холодном режиме, и они занимают немало места на площадках для тестирования и обкатки двигателей. Наряду с этим, ремонтным предприятиям и дилерским центрам, выполняющим текущий и капитальный ремонт двигателей, требуются стенды различных габаритов, которые определяются их мощностью [3, 9]. Дороговизна, присущая обкаточно-тормозным стендам, значительное электро и топливопотребление, а также необходимость в больших производственных площадях для их местонахождения, в основном на предприятиях сдерживает их использование [1].

Обеспечение высокого показателя технической готовности у мобильных транспортных средств с двигателями внутреннего сгорания служит для них ключевым аспектом. От того, насколько точно соблюдаются технологии при их производстве, капитальном и текущем ремонте, зависит надёжность работы, как их двигателей, так, в общем, и самих транспортных средств [15].

Технологии горячей обкатки при динамическом нагружении позволяют существенно снизить затраты на оборудование, а также расходы электроэнергии и топлива [11]. При всем при этом, запрос на проведение обкатки в холодном режиме с вращением коленвала испытываемого двигателя сохраняется, и частота вращения по-прежнему варьируется в интервале от 500 до 1500 оборотов в минуту.

Для уменьшения энергопотребления, упрощения процедуры при обкатке двигателя, а также удешевления необходимого оборудования применяется холодная обкатка. Она заключается в том, что вращается коленвал с предписанными частотами, используя приводной агрегат, не демонтируя с машины двигатель [12].

Разработка специального оборудования с целью воплощения этого метода обкатки в холодном режиме является важной задачей.

Методы и материалы. Для решения задачи разработан малогабаритный электроприводной агрегат, который монтируется на место стандартного стартера. Агрегат связывается с зубчатым венцом маховика двигателя при помощи ведущей шестерни и активируется небольшим высокоскоростным электродвигателем, имеющего частотное регулирование. Когда выполняется холодная обкатка двигателя частоту вращения коленвала можно регулировать. Это достигается за счёт изменения частоты вращения ведущей шестерни в агрегате для привода. Для реализации данной функции корректируют параметры электропитания двигателя: модифицируют частоту подаваемого переменного тока и уровень напряжения. При этом ключевым условием является наличие у электродвигателя функции обеспечивающее частотное регулирование.

Для обкатки в холодном режиме двигателя пользуются электроприводным агрегатом. Он состоит из преобразователя частоты – регулируемого источника питания 1, который подключён к электрической сети 2 и к входу высокочастотного электродвигателя 3 через свой выход. Во время обкатки в холодном режиме венец зубчатый 4 шестерни ведущей 5 соединяется с венцом зубчатым 6 маховика 7 обкатываемого двигателя 8 (см. рис. 1) [7].

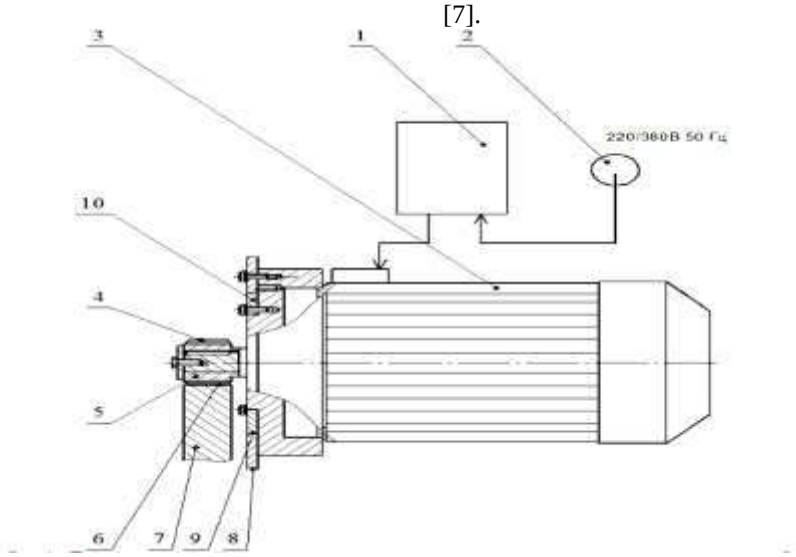


Рисунок 1 - Подключения независимого электроприводного агрегата к электросети и венца зубчатого маховика двигателя, подвергаемого обкатке в холодном режиме

1 – преобразователь частоты - регулируемый источник питания; 2 – электросеть; 3 – электродвигатель высокочастотный - электроприводной агрегат; 4 – венец зубчатый; 5 – ведущая шестерня; 6 – венец зубчатый маховика двигателя; 7 и 8 – маховик и двигатель подвергаемого обкатке; 9 – посадочное место электростартера двигателя; 10 – сменное крепежное приспособление.

Процедура обкатки двигателя состояла из нескольких шагов:

- подготовка двигателя (проверка уровня масла, охлаждающей жидкости и других важных параметров);
- подключение электроприводного устройства к двигателю;
- установка необходимых параметров обкатки (время, скорость вращения и прочие);
- выполнение обкатки согласно установленным параметрам;
- оценка итогов обкатки (износ компонентов, потребление топлива, мощность и т. п.).

Результаты и обсуждение. Исследования продемонстрировали, что обкатка двигателей в холодном режиме с применением независимого электроприводного агрегата обладает рядом преимуществ перед традиционной обкаткой в горячем режиме.

Преимущества обкатки в холодном режиме:

- уменьшение износа деталей двигателя за счёт отсутствия интенсивного нагрева, что обеспечивает более щадящую приработку;
- повышение эксплуатационных характеристик двигателя, включая значительное снижение расхода топлива на этапе обкатки и прирост мощности;
- сокращение на 15–20% средних показателей выбросов CO_2 по сравнению с традиционными методами;
- существенное снижение нагрузки на механические компоненты двигателя, что на 10–15% может продлить срок его службы.

Тем не менее, важно подчеркнуть, что при обкатке холодном режиме проявляется ряд ограничений:

- этот процесс подразумевает более глубокую подготовку двигателя, а также использование более сложного оборудования для обкатки;
- высокая цена электроприводов, а также потребность в услугах опытных специалистов;
- для различных категорий транспортных средств могут понадобиться уникальные методики, а также параметры обкатки.

Чтобы для приводного агрегата определить его параметры, важно установить значение для момента и мощности, требуемые для вращения коленвала в ходе процесса холодной обкатки, а также высокую частоту вращения вала электродвигателя.

В результате проведённых расчётов удалось выявить необходимый уровень мощности, обеспечивающего вращение коленчатого вала в четырёхтактных двигателях автотракторного типа.

Формула для расчёта мощности, требуемой для проворачивания коленвала, включает ряд значимых параметров:

$$N_{пр} = 79{,}58 \cdot z \cdot V_h \cdot \omega \cdot i \cdot (a + (b \cdot S \cdot \omega)/\pi), \quad (1)$$

где z - количество цилиндров в двигателе;

V_h - рабочий объём одного цилиндра;

ω - угловая скорость вращения коленчатого вала;

i - передаточное отношение зубчатой передачи (между ведущей шестернёй и зубчатым венцом маховика);

S - ход поршня.

Также в формуле используются две эмпирические константы - a и b. Их численные значения соответственно равны: $10{,}5 \cdot 10^{-2}$ МПа и $1{,}2 \cdot 10^{-2}$ МПа·с/м и зависят от конструктивных особенностей и типа двигателя.

Важно отметить, что константы a и b входящие уравнение (1) определены на основе данных по двигателям, которые уже подверглись как эксплуатационной, так и технологической обкатке. Это позволяет использовать их в расчётах с высокой степенью достоверности для аналогичных силовых агрегатов. Во время подсчета мощности, потребной чтобы вращать коленвал двигателя в процессе холодного обкаточного режима, нельзя игнорировать завышенные текущие значения мощности, затрачиваемой на механические потери. Такие потери возникают в узлах, а также сопряжениях испытываемых двигателей из-за значительных сил трения.

Распределяются в процессе эксплуатации дизельных и бензиновых двигателей механические потери мощности в процентном соотношении:

- в **цилиндропоршневой группе** теряется 50 % мощности у дизелей и 45 % – у бензиновых моторов;
- **кривошипно-шатунный механизм** обусловливает потери на уровне 24 % для дизелей и 22 % – для бензиновых агрегатов;
- на долю **газораспределительного механизма** приходится 6 % потерь у дизелей и 8 % – у бензиновых двигателей;
- **процессы газообмена** приводят к утрате 14 % мощности в дизелях и 19 % – в бензиновых моторах;
- **у привода вспомогательных систем** (вентилятор, генератор, компрессор и прочие устройства) одинаковые потери – по 6 % - для обоих типов силовых установок [12].

Анализ структуры механических потерь показывает существенную роль трения в ключевых узлах. Так, у бензиновых двигателей свыше 75 % всех механических потерь обусловлено трением в трёх основных механизмах: цилиндропоршневой группе, кривошипно-шатунном и газораспределительном. У дизельных двигателей эта доля ещё выше – превышает 80%. Остальные потери, соответственно 25% и 20%, связаны с работой привода навесных агрегатов и с процессами газообмена. Важно отметить, что потери мощности, связанные с газообменом и работой вспомогательных агрегатов, демонстрируют стабильную величину - они практически не различаются у свежеизготовленных двигателей и у тех, что уже прошли этап обкатки. Однако ситуация кардинально меняется в отношении механических потерь: в неопробованных двигателях трение между элементами ключевых узлов и сопряжений приводит к существенно более высоким потерям энергии по сравнению с обкатанными аналогами.

Исходя из этого, можно вычислить мощность $N_{ПА}$, которая нужна для того, чтобы приводной агрегат смог провернуть коленвал двигателя при обкатке в холодном режиме:

$$N_{ПА} = \left((\theta_{тр} \cdot k_{мп} + \theta_{нг})/\eta\right) \cdot 79{,}58 \cdot z \cdot V_k \cdot \omega \cdot 1 \cdot \left(a + (b \cdot S \cdot \omega)/\pi\right), \quad (2)$$

В расчёте будут использоваться следующие параметры: $\theta_{тр}$ и $\theta_{нг}$ представляют собой доли мощности, утрачиваемые вследствие механических потерь в двигателе, который прошёл этап обкатки. Эти потери возникают в основных узлах и сопряжениях с парами трения, а также связаны с приводом вспомогательных агрегатов и процессами газообмена. В формуле также задействован эмпирический коэффициент $k_{мп}$. Он отражает степень механических потерь мощности двигателя в процессе обкатки при холодном режиме; при этом значение $k_{мп}$ превосходить уровень единицы. Для выражения эффективности работы зубчатой передачи в инженерной практике используется обозначение η, которое соответствует коэффициенту полезного действия.

Для определения частоты вращения вала у привода высокочастотного электродвигателя необходимо проанализировать **два ключевых показателя**: **передаточное отношение зубчатой передачи** - параметр, характеризующий соотношение числа зубьев ведущей шестерни и зубчатого венца маховика; **частота вращения на заключительной стадии обкатки и в ходе холодной прокрутки** – значение, фиксируемое в процессе тестовых запусков механизма. Эти данные позволяют точно рассчитать рабочие характеристики вала, учитывая как конструктивные особенности трансмиссии, так и эксплуатационные параметры двигателя в различных режимах функционирования.

Для того чтобы подобрать оптимальный высокочастотный электродвигатель и чтобы раскрутить двигатель в холодном состоянии и напрямую на транспортном средстве, необходимо определить два ключевых параметра: мощность, которая нужна приводному агрегату для вращения коленвала в процессе, осуществляемого при холодном режиме, и предписанная частота вращения.

Возможно, реализовать приводное устройство, обладающее нужными характеристиками, в частности, взяв за основу мощный трёхфазный асинхронный электромотор с быстрым вращением. Для этого электромотора величина предельной частоты переменного тока (f) определяется двумя ключевыми факторами: требуемой частотой вращения коленчатого вала в ходе холодной обкатки и числом пар полюсов устройства [12]:

$$f = n \cdot p/60, \quad (3)$$

При этом параметр p соответствует количеству пар полюсов в трёхфазном электродвигателе.

Формула линейной зависимости:

$$n_э = 28 \cdot f, \quad (4)$$

где $n_э$ и f – соответственно частота вращения электродвигателя в минуту и переменного тока в герцах.

Если частоту трёхфазного переменного тока увеличить с 50 до 600 герц, то значение напряжения питания возрастёт линейно в интервале (40…335) вольт. Уравнение регрессии, когда коэффициент корреляции 0,99, имеет вид:

$$U_э = 0{,}532 \cdot f + 18{,}788, \quad (5)$$

В уравнении $U_э$ обозначает входное напряжение в электродвигатель в вольтах.

При аналогичных вариациях значения частоты переменного тока, электродвигатель потребляет ток из сети, величина роста которого находится в интервале (4,7…48,5) ампер. Когда коэффициент корреляции равен 0,99, то эту зависимость, можно выразить через следующее уравнение регрессии:

$$I_э = 0{,}102 \cdot f - 9{,}557, \quad (6)$$

где $I_э$ - обозначает силу тока, которую электродвигатель потребляет из сети, в амперах.

Ключевое достоинство представленного агрегата заключается в том, что набор оборудования, включающий в себя агрегат приводной для обкатки двигателя в холодном режиме, а также системы автоматизированного управления процессом обкатки двигателей, которые применяют методы бестормозной горячей обкатки при динамических нагрузках, можно воплотить обособленные мобильные системы для технологического тестирования двигателей, обладающие разными показателями мощности [5, 6].

В связи с лимитом максимально возможных частот вращения [6], которые допустимы для испытательных тормозных стендов и приводных установок, период вспомогательных процедур при обкатке в холодном режиме, а также при увеличенных параметрах нагрузки и скорости может оказаться немного больше относительно длительности этапов горячей обкатки, которые предусмотрены стандартными технологиями.

В ходе изучения характеристик автономного приводного агрегата было выявлено, что когда частота переменного трёхфазного тока увеличивается с 100 до 600 Гц, то в трёхфазном электродвигателе с частотным приводом значение частоты вращения вала растёт прямо пропорционально - с $28 \cdot 10^2$ до $168 \cdot 10^2$ оборотов в минуту. Это даёт возможность достаточно точно и быстро задавать, а также отслеживать частоту вращения коленвала тестируемого двигателя согласно значению частоты переменного трёхфазного тока [10].

При бестормозных режимах, когда нагрузки увеличиваются уровень оксидов азота (NO) остаётся почти неизменным и составляет примерно $(1{,}4,\ldots 1{,}5) \cdot 10^{-2}$%. В то же время при тормозных режимах концентрация этих соединений возрастает и составляет $(4{,}1\ldots 7{,}0) \cdot 10^{-2}$% [8].

Заключение. Обкатка двигателей мобильных транспортных средств в холодном режиме с помощью независимого электропривода – это высоконадежный метод. Он не только эффективен, но и безопасен для экологии. Такой подход помогает уменьшить износ деталей и улучшить рабочие характеристики двигателей, что в свою очередь, повышает их надёжность и срок службы.

Тем не менее, чтобы метод получил широкое распространение, требуются дополнительные исследования. Необходимо оптимизировать параметры обкатки, разработать более простое и надёжное оборудование для её проведения, а также найти доступные и эффективные методы обкатки.

Электроприводной агрегат для приведения в движения, основой которого является высокочастотный асинхронный электродвигатель, обеспечивает осуществление обкатки двигателей в холодном режиме различных типов и мощностей прямо на транспортных средствах. Это позволяет отказаться от использования обкаточных стендов, что, в свою очередь, способствует снижению расходов на соответствующее оснащение, производственные площади и персонал.

Список литературы

1. Обоснование универсальных испытательных стендов для неспециализированных мастерских. / Ю.А. Андросов, В.П. Гуляев, Н.П. Александров [и др.] // Научно-технический вестник Поволжья. – 2021. – № 12. – С. 96-99.

2. Стенд для обкатки и испытаний двигателей малогабаритных тракторов. / Д.В. Байков, А.П. Иншаков, С.В. Тимохин [и др.] // Сельский механизатор. – 2021. – № 1. – С. 36-37.

3. Иванов В.П., Вигерина Т.В. Ресурсосберегающая обкатка двигателей внутреннего сгорания при использовании модифицирующих присадок к маслу // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В. Промышленность. Прикладные науки. – 2024. – № 1 (49). – С. 61-66.

4. Технология холодной обкатки дизелей с повышенными нагрузочно-скоростными режимами / А.Н. Морунков, С.В. Тимохин, И.А. Спицын [и др.] // Нива Поволжья. – 2021. – №3 (60). – С. 112-119.

5. Морунков А.Н., Тимохин С.В. Модернизация обкаточно-тормозных стендов для обкатки автотракторных дизелей // Технический сервис машин. – 2022. – Т. 60. – № 2 (147). – С. 76-85.

6. Морунков А.Н., Тимохин С.В. Энерго-ресурсосберегающие технологии холодной обкатки автотракторных дизелей // Лучшая исследовательская работа 2023: сб. стат. XI Междунар. науч.-исслед. конкурса. – Пенза: МЦНС «Наука и просвещение», 2023. – С. 20-25.

7. Морунков А.Н., Тимохин С.В. Способ холодной обкатки автотракторных двигателей и устройство для его реализации // Нива Поволжья. – 2024. – №3 (71). – С. 3001.

8. Морунков А.Н., Тимохин С.В., Рыблов М.В. Снижение выбросов вредных веществ с отработавшими газами тракторных дизелей при технологической обкатке // Технический сервис машин. – 2024. – Т. 62. – №4. – С. 40-47.

9. Сафонов К.В., Шишурин С.А., Сафонов В.В., Остриков В.В. Технико-экономическая эффективность применения обкаточных масел при испытании автотракторных двигателей // Инновационное техническое обеспечение агропромышленного комплекса: материалы науч.-техн. конф. с междунар. участием. – Саратов: 2023. – С. 336-342.

10. Совершенствование технологий и средств технического сервиса автотракторной техники / С.В. Тимохин, А.Н. Морунков, И.А. Спицын [и др.] // Региональные проблемы устойчивого развития агропромышленного комплекса в условиях цифровой трансформации: сб. стат. Междунар. науч.-практ. конф. – Пенза: 2024. – С. 415-421.

11. Тимохин С.В., Морунков А.Н., Спицын И.А. Обкатка дизелей автомобилей КАМАЗ с электронным управлением топливоподачей // Вклад молодых ученых в инновационное развитие АПК России: сб. материалов Всерос. науч.-прак. конф. – Пенза: 2022. – Том III. – С. 102-105.

12. Тимохин С.В., Морунков А.Н. Патент 221526 на полезную модель. Устройство для холодной обкатки двигателей внутреннего сгорания. Опубл. 09.11.2023. Бюл. № 31.

13. Lyalyakin, V.P. Technology for the Restoration of Domestic Crankshafts with Cracks on the Journals / V.P. Lyalyakin, D.B. Slinko // Steel in Translation. – 2023. – Vol. 53, No. 4. – P. 319-323.

14. Morunkov A., Timokhin S., Spitsyn I., Orekhov A., Morunkov A. Ivanov Results of experimental studies of cold running-in of a diesel engine D-240 with increased load-rate modes. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 953 (2022)012041. Volga Region Farmland 2021 (vrf 2021). p. 1-5.

15. Timohin S., Morunkov A., Inshakov A., Kurbakov I. Energy and resourse saving, labor and environmental protection during running-in automotive-tractor diesel engines by using new technologies and means for their implementation. Scientific Papers. Series E. Land Reclamation, Earth Observation & Surveying, Environ-mental Engineering. 2021. v. X. p. 116-122.

References

1. Justification of universal test rigs for non-specialized workshops. / Yu. A. Androsov, V. P. Gulyaev, N. P. Aleksandrov [et al.] // Scientific and Technical Bulletin of the Volga Region. - 2021. - No. 12. - Pp. 96-99.

2. Rig for running-in and testing engines of small-sized tractors. / D. V. Baikov, A. P. Inshakov, S. V. Timokhin [et al.] // Rural machine operator. - 2021. - No. 1. - Pp. 36-37.

3. Ivanov V. P., Vigerina T. V. Resource-saving running-in of internal combustion engines using modifying additives to oil // Bulletin of Polotsk State University. Series B. Industry. Applied Sciences. – 2024. – No. 1 (49). – P. 61-66.

4. Technology of cold running-in of diesel engines with increased load-speed modes / A.N. Morunkov, S.V. Timokhin, I.A. Spitsyn [et al.] // Niva Povolzhya. – 2021. – No. 3 (60). – P. 112-119.

5. Morunkov A.N., Timokhin S.V. Modernization of running-in and brake stands for running-in automotive and tractor diesel engines // Technical service of machines. – 2022. – Vol. 60. – No. 2 (147). – P. 76-85.

6. Morunkov A.N., Timokhin S.V. Energy-saving technologies for cold running-in of automotive and tractor diesel engines // Best research work 2023: collected articles from the XI International research competition. Penza: MCNS "Science and Education", 2023, pp. 20-25.

7. Morunkov A.N., Timokhin S.V. Method of cold running-in of automotive and tractor engines and device for its implementation // Niva Povolzhya. 2024, no. 3 (71). p. 3001.

8. Morunkov A.N., Timokhin S.V., Ryblov M.V. Reduction of harmful emissions with exhaust gases of tractor diesel engines during technological running-in // Technical service of machines. 2024, vol. 62, no. 4. pp. 40-47.

9. Safonov K.V., Shishurin S.A., Safonov V.V., Ostrikov V.V. Technical and economic efficiency of using break-in oils when testing automotive and tractor engines // Innovative technical support for the agro-industrial complex: proceedings of the scientific and technical conference with international participation. – Saratov: 2023. – pp. 336-342.

10. Improving technologies and means of technical service for automotive and tractor equipment / S.V. Timokhin, A.N. Morunkov, I.A. Spitsyn [et al.] // Regional problems of sustainable development of the agro-industrial complex in the context of digital transformation: collection of articles from the International scientific and practical conference. – Penza: 2024. – pp. 415-421.

11. Timokhin S.V., Morunkov A.N., Spitsyn I.A. Running-in of KAMAZ diesel engines with electronic fuel injection control // The contribution of young scientists to the innovative development of the Russian agro-industrial complex: collection of materials from the All-Russian scientific and practical conference. – Penza: 2022. – Vol. III. – Pp. 102-105.

12. Timokhin S.V., Morunkov A.N. Patent 221526 for utility model. Device for cold running-in of internal combustion engines. Published 09.11.2023. Bulletin No. 31.

13. Lyalyakin, V.P. Technology for the Restoration of Domestic Crankshafts with Cracks on the Journals / V.P. Lyalyakin, D.B. Slinko // Steel in Translation. – 2023. – Vol. 53, No. 4. – Pp. 319-323.

14. Morunkov A., Timokhin S., Spitsyn I., Orekhov A., Morunkov A. Ivanov Results of experimental studies of cold running-in of a diesel engine D-240 with increased load-rate modes. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 953 (2022)012041. Volga Region Farmland 2021 (vrf 2021). p. 1-5.

15. Timokhin S., Morunkov A., Inshakov A., Kurbakov I. Energy and resource saving, labor and environmental protection during running-in automotive-tractor diesel engines by using new technologies and means for their implementation. Scientific Papers. Series E. Land Reclamation, Earth Observation & Surveying, Environmental Engineering. 2021. v. X.p. 116-122.

10.52671/26867591_2026_1_306
УДК 663.81:663.86.054.1

ПРИМЕНЕНИЕ ПЛОДОВ КОСТЯНИКИ КАМЕНИСТОЙ (*RUBUS SAXATILIS* L.) В РЕЦЕПТУРАХ БЕЗАЛКОГОЛЬНЫХ НАПИТКОВ

НАФИКОВА А.Р., ст. преподаватель
КОЩИНА Е.И., ст. преподаватель
НИГМАТЗЯНОВ А.С., ст. преподаватель
БОДРОВ А.Ю., ст. преподаватель
ИЛЛАРИОНОВА О.В., ст. преподаватель
Башкирский государственный аграрный университет, г. Уфа, Россия

USE OF STONE BRAMBLE FRUITS (RUBUS SAXATILIS L.) IN SOFT DRINK RECIPES

NAFIKOVA A.R., Senior lecturer
KOSHCHINA E.I., Senior lecturer
NIGMATZYANOV A.S., Senior lecturer
BODROV A.Y., Senior lecturer
ILLARIONOVA O.V., Senior lecturer
Bashkir State Agrarian University, Ufa, Russia

Аннотация. В данной статье приводятся результаты анализа плодов дикорастущей костяники каменистой урожая 2024 и 2025 годов, собранных в предгорьях Южного Урала на территории Республики Башкортостан, с целью использования их в рецептурах безалкогольных напитков. Плоды костяники отличаются небольшим содержанием сухих веществ, которое в том числе зависит от количества осадков в период созревания плодов и условий их сбора. Массовая доля растворимых сухих веществ в плодах костяники составляет 4,8-5,1 %. Значительная часть экстракта приходится на титруемые кислоты – 2,08-2,20 % в пересчете на лимонную кислоту. В то же время, несмотря на название, массовая доля косточки в плодах костяники составляет всего лишь 4,2-4,5 %. Тонкая кожица и физико-химические показатели плодов костяники делают их идеальным сырьем для получения сока. Ввиду повышенного содержания органических кислот в соке костяники

наряду с низкой экстрактивностью, употребление сока в пищу в исходном виде затруднительно, поэтому были разработаны рецептуры и технология производства сиропа и морсового безалкогольного напитка с высокими органолептическими показателями на основе сока костяники. Обоснованы сроки годности готовой продукции.

Ключевые слова: костяника каменистая, пищевые лесные ресурсы, сироп с соком, безалкогольный напиток морсовый.

Abstract. *This article presents the results of an analysis of wild stone bramble fruits from the 2024 and 2025 harvests, collected in the foothills of the Southern Urals in the Republic of Bashkortostan, for use in soft drink recipes. Stone bramble fruits are characterized by a low dry matter content, which depends, among other things, on the amount of precipitation during ripening and the harvest conditions. The mass fraction of soluble solids in stone bramble fruits ranges from 4.8% to 5.1%. A significant portion of the extract is accounted for by titratable acids – 2.08% to 2.20% calculated as citric acid. At the same time, despite the name, the mass fraction of stone in stone bramble fruits is only 4.2% to 4.5%. The thin skin and physicochemical properties of stone bramble fruits make them ideal for juice extraction. Due to the high organic acid content of stone bramble juice and its low extractability, consuming the juice in its original form is difficult. Therefore, recipes and production technology were developed for syrup based on stone bramble juice and non-alcoholic fruit drink with high organoleptic properties. Shelf life of the finished products was substantiated.*

Keywords**:** *stone bramble, Rubus saxatilis, food resources of the forest, syrup with juice, non-alcoholic fruit drink.*

Введение. Костяника каменистая (*Rubus saxatilis* L.) – многолетнее плодоносящее растение-медонос из семейства Rosaceae. В России костяника также известна под названиями костяница, рубус скальный, северный гранат, поляника, ягода Берендея. В России растение встречается во многих районах европейской части (кроме крайнего юга), в Сибири и на Дальнем Востоке.

В плодах костяники содержатся простые и сложные углеводы, органические кислоты, незаменимые аминокислоты, эссенциальные ненасыщенные жирные кислоты, аскорбиновая кислота, флавоноиды, большое количество витамина В3 [2, 10, 18, 19].

В отдельных регионах России, например, Удмуртии и Карелии, по оценкам исследователей, имеются хозяйственные запасы плодов костяники [8,11].

В Кыргызстане в Иссык-Кульской области заготавливают плоды, листья, надземную часть, а также все растение целиком, вместе с корневищем, используют в качестве лекарственного растения [1], рекомендуют включать в рацион питания спортсменов в качестве природного источника витамина С и никотиновой кислоты [12].

В последние годы наблюдается растущий интерес к использованию плодов дикорастущей костяники в производстве продуктов питания. Коллективом учёных Красноярского ГАУ предложена линейка разнообразных пищевых продуктов, ключевым компонентом которых являются сок и выжимки плодов костяники. Сырье из плодов костяники использовали в рецептурах ликероводочных изделий [3], безалкогольных и пивных напитков [4, 15, 16], мясной снековой продукции [13], желейного мармелада [5], а также в технологии хлебобулочных изделий [6]. В Турции, в регионе Западной и Центральной Анатолии, плоды костяники используются для приготовления горячих морсовых напитков [16].

Костяника каменистая широко распространена на Южном Урале, поэтому **целью работы** явилось изучение характеристик плодов костяники каменистой, произрастающей на территории Республики Башкортостан и применение их в технологии безалкогольных напитков.

Материалы и методы. Объектом исследования стали плоды костяники, собранные в Салаватском районе Республики Башкортостан в состоянии технической зрелости в августе 2024 и в августе 2025 года.

Лабораторные исследования свежезамороженных плодов проводились в лабораториях кафедры технологии общественного питания и переработки растительного сырья Башкирского ГАУ.

В плодах костяники по стандартным методикам определяли следующие показатели:

- содержание растворимых сухих веществ по ГОСТ ISO 2173-2013 «Продукты переработки фруктов и овощей. Рефрактометрический метод определения растворимых сухих веществ»;

- содержание титруемых кислот по ГОСТ ISO 750-2013 «Продукты переработки фруктов и овощей. Определение титруемой кислотности»;

- массовую концентрацию суммы антоцианинов в соке костяники методом pH-дифференциальной спектрофотометрии по ГОСТ 32709-2014 «Продукция соковая. Методы определения антоцианинов»;

- содержание аскорбиновой кислоты методом потенциометрического титрования по ГОСТ 24556-89 «Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения витамина С»;

- массовую долю косточек по отраслевой методике анализа растительного сырья весовым методом.

Из плодов костяники сбора 2024 года был приготовлен сироп с соком и напиток безалкогольный морсовый методом купажирования компонентов.

Сок костяники получали на паровой соковарке с выходом сока 94-95% к массе свежезамороженных плодов. В полученном соке находили титруемую кислотность по ГОСТ 6687.4-86 «Напитки

безалкогольные, квасы и сиропы метод определения кислотности» и содержание сухих веществ по рефрактометру по ГОСТ 6687.2-90 «Продукция безалкогольной промышленности. Методы определения сухих веществ».

Сироп с соком и напиток морсовый готовили в соответствии с технологическими инструкциями «Сборника основных правил, технологических инструкций и нормативных материалов по производству безалкогольной продукции», утвержденного Департаментом пищевой, перерабатывающей промышленности и детского питания Минсельхозпрода России 23 июля 1999 г.

В сиропе с соком костяники и разработанных образцах безалкогольных напитков определяли органолептические и физико-химические показатели, предусмотренные соответствующими стандартами: ГОСТ 28499-2014 «Сиропы. Общие технические условия» и ГОСТ 28188-2014 «Напитки безалкогольные. Общие технические условия».

Для обоснования сроков годности сиропа и морсового безалкогольного напитка, условий их хранения и транспортирования проводили визуальный осмотр бутылок с готовой продукцией на наличие помутнения или осадка, отслеживали динамику титруемой кислотности и массовой доли сухих веществ: в сиропе каждый месяц в течении 12 месяцев, а в напитке - каждые двое суток в течение 30 суток. Пластиковые бутылки с герметично укупоренным сиропом и морсовым напитком хранили в темном месте при температуре 20-25ºС и относительной влажности воздуха не более 75%.

В день розлива и по истечении указанных сроков хранения исследовали показатели микробиологической безопасности продуктов на предмет соответствия их требованиям ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции».

Статистическую обработку результатов проводили с использованием программы MS Excel, относительная величина стандартного отклонения не превышала 5%.

Результаты исследований и их обсуждение.

В таблице 1 приведены усредненные результаты анализа плодов костяники сбора 2024 и 2025 годов.

Таблица 1 - Физико-химические показатели качества свежезамороженных плодов костяники

Наименование показателя, единица измерения	Значение показателя	
	Сбор 2024 г.	Сбор 2025 г.
Массовая доля растворимых сухих веществ, %	4,8	5,1
Содержание титруемых кислот в пересчете на лимонную кислоту, г/100 г плодов	2,08	2,20
Массовая доля косточек, %	4,20	4,50
Массовая концентрация суммы антоцианинов в пересчете на цианидин-3-глюкозид, мг/100 г плодов	65	82
Содержание аскорбиновой кислоты, мг/100 г плодов	25,5	30,2

Как видно из данных таблицы 1, физико-химические показатели качества плодов костяники несколько варьируют от партии к партии. Летние месяцы и в 2024, и в 2025 году на Южном Урале отмечались повышенным количеством осадков. Годовая сумма атмосферных осадков летом 2024 года превысила климатическую норму на 20-60%, наибольшая аномалия сложилась в Предуралье и горной части региона, т.е. месте сбора костяники. Плоды костяники, выросшие и собранные в условиях влажного лета относительно крупные, водянистые, с низкой массовой долей косточек. При этом содержание экстрактивных веществ в плодах костяники 2025 года несколько выше, чем в урожае предыдущего года, что объясняется менее экстремально влажными условиями произрастания в 2025 году.

Содержание аскорбиновой кислоты, найденное в плодах, соотносится со значениями, полученными в работах других авторов и варьирующими в широких пределах от 4,4 до 119,7 мг витамина С в 100 г сырых плодов [3-5, 9,10].

Массовая концентрация суммы антоцианинов в пересчете на цианидин-3-глюкозид составила 65 и 82 на мг в100 г плодов 2024 и 2025 года соответственно. Авторами из Белгорода методом спектрофотометрии установлено, что в плодах костяники содержится 76,1 мг антоцианов на 100 г свежего материала. Эти же авторы методом обращенно-фазовой ВЭЖХ идентифицировали антоциановый состав плодов костяники: основной антоциан – пеларгонидин-3-рутинозид (около 86% по площадям пиков), в меньших количествах были обнаружены пеларгонидин-3-глюкозид (6%) и цианидин-3-рутинозид (6%) [14].

В таблице 2 приведены данные по анализу сока костяники урожая 2024 года.

Таблица 2 - Физико-химические показатели сока костяники

Наименование показателя, единица измерения	Значение показателя
Массовая доля растворимых сухих веществ по рефрактометру, %	3,5
Содержание титруемых кислот, $см^3$ раствора гидроокиси натрия концентрацией 1 моль/$дм^3$, израсходованного на титрование 100 $см^3$ сока	26

По результатам анализа плодов и сока костяники можно сделать вывод, что значительную долю сухих веществ в них составляют органические кислоты.

Сироп с соком костяники, получивший товарное название «Салаватский» готовили по рецептуре, представленной в таблице 3. Количество сахара, вносимое в сироп, подбирали с расчетом на длительное хранение продукта.

Таблица 3 - Рецептура сиропа с соком костяники «Салаватский»

Наименование	Содержание сырья в готовом сиропе		Содержание сухих веществ в сырье	
	единица измерения	количество	концентрация	кг
Сок плодов костяники	л	660	3,5	23,1
Сахар белый	кг	831	99,85 % масс.	830,1
Прирост сухих веществ за счёт 45%-й инверсии сахарозы				19,6
Итого сухих веществ в 100 дал готового сиропа				872,8

В таблице 4 представлены органолептические и физико-химические показатели качества сиропа.

Таблица 4 – Показатели качества сиропа с соком костяники «Салаватский»

Наименование показателя	Значение
Органолептические показатели	
Внешний вид	Прозрачная жидкость без осадка и посторонних включений. Допускается опалесценция, обусловленная особенностями используемого сырья
Цвет	Рубиново-красный
Вкус	гармоничный кисло-сладкий
Аромат	сложный костяничный
Физико-химические показатели	
Массовая доля сухих веществ, %	66,0 ± 1,0
Кислотность, $см^3$ раствора гидроокиси натрия концентрацией 1,0 моль/$дм^3$ на 100 $см^3$	15,0 ± 1,0

При разработке рецептуры морсового безалкогольного напитка руководствовались определением данного продукта по ГОСТ 34792-2021 «Продукция слабоалкогольного и безалкогольного производства. Термины и определения», согласно которому содержание сока (в пересчете на сок прямого отжима) в готовом напитке должно составлять не менее 15 % от общего объема, в том числе сока, одноименного с наименованием напитка, не менее 5 %.

Ввиду значительного содержания титруемых кислот в исходном сырье отказались от внесения пищевых добавок органических кислот в рецептуру напитка.

На первом этапе проводили разбавление сока водой для выявления оптимальной кислотности с учётом того, что при внесении сахара кислый вкус несколько смягчается. Оптимальным содержанием сока в морсовом напитке по уровню кислоты стало соотношение 200 мл сока на 1 л безалкогольного напитка.

Следующим этапом стал подбор оптимальной дозировки сахара. Были приготовлены шесть образцов напитка с содержанием сухих веществ 4, 6, 8, 10, 12, 14%. По результатам органолептической оценки образцов, в которой приняли участие 20 человек из числа студентов и преподавателей кафедры технологии общественного питания и переработки растительного сырья, лучшим был признан образец с содержанием сухих веществ 10%.

В таблице 5 представлена рецептура и расход ингредиентов на 100 дал морсового безалкогольного напитка, получившего товарное название «Рубус», а в таблице 6 отображены его показатели качества.

При расчете рецептур была учтён прирост сухих веществ за счет имеющей место кислотной инверсии сахарозы.

Таблица 5 – Рецептура на 100 дал морсового безалкогольного напитка «Рубус»

Наименование	Содержание сырья в готовом напитке		Содержание сухих веществ в сырье	
	единица измерения	количество	концентрация	кг
Сок плодов костяники	л	200	3,5	7
Сахар белый	кг	95,3	99,85 % масс.	95,2
Прирост сухих веществ за счёт 30%-й инверсии сахарозы				1,5
Итого сухих веществ в 100 дал готового напитка				103,8

Таблица 6 – Показатели качества морсового безалкогольного напитка «Рубус»

Наименование показателя	Значение
Органолептические показатели	
Внешний вид	Прозрачная жидкость без осадка и посторонних включений. Допускается опалесценция, обусловленная особенностями используемого сырья
Цвет	Рубиново-красный
Вкус	гармоничный кисло-сладкий
Аромат	сложный костяничный
Физико-химические показатели	
Объемная доля этилового спирта, %, не более:	0,5
Массовая доля сухих веществ, %	10,0± 0,2
Кислотность, $см^3$ раствора гидроокиси натрия концентрацией 1,0 моль/$дм^3$ на 100 $см^3$	5,0± 0,3

Для промышленного производство сиропа с соком костяники «Салаватский» и морсовый безалкогольный напиток «Рубус» были разработаны технологические инструкции. Товарное оформление и варианты сервировки и употребления готовой продукции представлены на рисунках 1 и 2.



Рисунок 1 - Способ употребления и оформление готовой продукции: сироп с соком костяники «Салаватский»



Рисунок 2 – Вариант сервировки и внешний вид готовой продукции: морсовый безалкогольный напиток «Рубус»

В герметично упакованном сиропе с соком костяники, полученном по технологии горячего розлива, не наблюдалось уменьшения содержания сухих и нарастания кислотности в течение 12 месяцев хранения. В течение всего срока хранения сироп сохранял прозрачность, помутнения и выпадения осадка отсутствовали.

В нефильтрованном морсовом безалкогольном напитке на вторые сутки хранения наблюдалось помутнение и на 12 сутки хранения выявлено образование осадка и с одновременным осветлением продукта. В пастеризованном напитке не наблюдалось уменьшения содержания сухих и нарастания кислотности в течение всего срока хранения 30 суток.

Количество мезофильных аэробных микроорганизмов, содержание дрожжей и плесеней, а также бактерий группы кишечных палочек в сиропе с соком костяники и в морсовом безалкогольном напитке в день розлива и по истечении 12 месяцев и 30 суток соответственно не превышали допустимые микробиологические нормативы безопасности.

Выводы. По оценкам исследователей на территории России, в том числе на Южном Урале, имеются достаточные хозяйственные запасы дикорастущих плодов костяники. В то же время, несмотря на существующие научные разработки отечественных ученых, нет сведений о широком применении костяники в продукции общественного питания или рецептурах пищевых продуктов промышленной переработки. Предложенные в работе сироп с соком костяники длительного хранения и морсовый безалкогольный напиток, отличаются высокими органолептическими характеристиками и позволяют расширить ассортимент органических продуктов питания.

Список литературы

1. Бусурманкулова А. О., Кендирбаева А. Ж., Шаздаева Н. Н. Современное состояние лекарственных растений Иссык-Кульской котловины // Вестник Кыргызского Национального Университета имени Жусупа Баласагына. – 2021. – № 2(106). – С. 24-31.

2. Величко Н. А., Шароглазова Л. П., Смольникова Я. В. Исследование липидного состава плодов представителей рода *RUBUS* и оценка перспективы их применения в пищевых технологиях // Вестник КрасГАУ. – 2016. – № 7(118). – С. 137-145.

3. Величко, Н. А. Использование костяники каменистой в производстве алкогольных напитков // Вестник КрасГАУ. – 2013. – № 7(82). – С. 255-257.

4. Величко Н. А., Смольникова Я. В., Рыгалова Е. А. Оценка качества напитка на основе плодов *Rubus Saxatilis l.*// Вестник КрасГАУ. – 2015. – № 11. – С. 163-169.

5. Величко Н. А., Смольникова Я. В., Рыгалова Е. А. Разработка рецептуры и оценка качества мармелада из костяники каменистой (*Rubus Saxatilis* L.) // Вестник КрасГАУ. – 2015. – № 1. – С. 132-136.

6. Величко Н. А., Рыгалова Е. А., Гринюк О. Ю. Разработка технологии хлебобулочных изделий с ягодными выжимками костяники каменистой // Вестник КрасГАУ. – 2019. – № 4(145). – С. 108-113.

7 Витаминная ценность плодов дикорастущих съедобных плодово-ягодных растений севера ЦЧР / В. Л. Захаров, О. А. Дубровина, В. А. Гулидова [и др.] // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2017. – № 3. – С. 101-107.

8. Воеводина, К. И. Сравнительный анализ урожайности ягод костяники каменистой в Удмуртской Республике / К. И. Воеводина // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. – 2021. – № 1(62). – С. 82-87.

9. Захаров В. Л., Зубахина Н. Н. Суточная потребность человека в дикорастущих плодах и ягодах // Агропромышленные технологии Центральной России. – 2020. – № 1(15). – С. 8-15.

10. Ильина М. Б., Сергунова Е. В. Применение метода капиллярного электрофореза в анализе водорастворимых витаминов представителей рода *Rubus* L // Разработка и регистрация лекарственных средств. – 2025. – Т. 14. – №1. – С. 274-283.

11. Морозова, К. В., Зимкова А. Д. Костяника каменистая (*Rubus saxatilis* L.) в лесных сообществах Южной Карелии // Актуальные проблемы лесного комплекса. – 2020. – № 56. – С. 129-133.

12. Мурсалиев М. А., Азизбаев С. С., Дуйшенов А. Ж. Природные витамины в рационе питания спортсменов // Известия Национальной Академии наук Кыргызской Республики. – 2019. – № 1. – С. 97-99.

13. Мясная снековая продукция с добавлением ягодного порошка из выжимок Rúbus saxátilis L / Е. А. Рыгалова, Л. П. Шароглазова, Н. А. Величко [и др.] // Ползуновский вестник. – 2024. – № 1. – С. 74-83.

14. Скрыпников Н. С., Добродомова Д. Е., Саласина Я. Ю. Антоцианы костяники и некоторых других растений / Н. С. Скрыпников, // Фенольные соединения: фундаментальные и прикладные аспекты: сб. мат. XI Международного. симпозиума. – М.: Изд-во «Перо», 2022. – С. 154.

15. Смольникова Я. В., Величко Н. А. Разработка рецептур пива специального с добавлением сока ягод костяники каменистой // Наука и образование: опыт, проблемы, перспективы развития: мат-лы межд. науч-практ. конф. – 2019. – С. 150-152.

16. Шароглазова Л. П., Рыгалова Е. А., Величко Н. А. Обоснование сроков хранения и товароведная оценка сокосодержащего напитка на основе ягод рода *Rubus* // Вестник КрасГАУ. – 2020. – № 3(156). – С. 129-134.

17. Dogan Y. et al. The use of wild edible plants in western and central Anatolia (Turkey) //Economic botany. – 2004. – Т. 58. – №. 4. – С. 684-690.

18. Suvanto J. et al. Variability in the production of tannins and other polyphenols in cell cultures of 12 Nordic plant species //Planta. – 2017. – Т. 246. – №. 2. – С. 227-241.

19. Tomczyk M., Gudej J. Polyphenolic Compounds from Rubus saxatilis //Chemistry of Natural Compounds. – 2005. – Т. 41. – №. 3.

References

1. Busurmankulova A. O., Kendirbaeva A. Zh., Shazdaeva N. N. Current state of medicinal plants of the Issyk-Kul basin // Bulletin of the Kyrgyz National University named after Jusup Balasagyn. - 2021. - No. 2 (106). - P. 24-31.

2. Velichko N. A., Sharoglazova L. P., Smolnikova Ya. V. Study of the lipid composition of fruits of representatives of the genus RUBUS and assessment of the prospects of their use in food technologies // Bulletin of KrasSAU. - 2016. - No. 7 (118). - P. 137-145.

3. Velichko, N. A. Use of rocky bramble in the production of alcoholic beverages // Bulletin of KrasSAU. - 2013. - No. 7 (82). – P. 255-257.

4. Velichko N. A., Smolnikova Ya. V., Rygalova E. A. Evaluation of the quality of a drink based on the fruits of Rubus Saxatilis l. // Bulletin of KrasSAU. – 2015. – No. 11. – P. 163-169.

5. Velichko N. A., Smolnikova Ya. V., Rygalova E. A. Development of a recipe and quality assessment of marmalade from rocky bramble (Rubus Saxatilis L.) // Bulletin of KrasSAU. – 2015. – No. 1. – P. 132-136.

6. Velichko N. A., Rygalova E. A., Grinyuk O. Yu. Development of technology of bakery products with berry pomace of rocky bramble // Bulletin of KrasSAU. – 2019. – No. 4 (145). – P. 108-113.

7. Vitamin value of fruits of wild edible fruit and berry plants of the north of the Central Black Earth Region / V. L. Zakharov, O. A. Dubrovina, V. A. Gulidova [et al.] // Bulletin of the Michurinsk State Agrarian University. – 2017. – No. 3. – P. 101-107.

8. Voevodina, K. I. Comparative analysis of the yield of rocky stone bramble berries in the Udmurt Republic / K. I. Voevodina // Bulletin of the Buryat State Agricultural Academy named after V.R. Filippov. – 2021. – No. 1 (62). – P. 82-87.

9. Zakharov V. L., Zubakhina N. N. Daily human requirement for wild fruits and berries // Agro-industrial technologies of Central Russia. - 2020. - No. 1 (15). - P. 8-15.

10. Ilyina M. B., Sergunova E. V. Application of the capillary electrophoresis method in the analysis of water-soluble vitamins of representatives of the genus Rubus L // Development and registration of medicines. - 2025. - Vol. 14. - No. 1. - P. 274-283.

11. Morozova, K. V., Zimkova A. D. Rocky cloudberry (Rubus saxatilis L.) in forest communities of Southern Karelia // Actual problems of the forest complex. - 2020. - No. 56. - P. 129-133.

12. Mursaliev M. A., Azizbaev S. S., Duishenov A. Zh. Natural vitamins in the diet of athletes // Bulletin of the National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic. - 2019. - No. 1. - P. 97-99.

13. Meat snack products with the addition of berry powder from the pomace of Rúbus saxátilis L / E. A. Rygalova, L. P. Sharoglazova, N. A. Velichko [et al.] // Polzunovsky Bulletin. - 2024. - No. 1. - P. 74-83.

14. Skripnikov N. S., Dobrodomova D. E., Salasina Ya. Yu. Anthocyanins of stone bramble and some other plants / N. S. Skripnikov, // Phenolic Compounds: Fundamental and Applied Aspects: Collection of Materials of the XI International Symposium. - Moscow: Pero Publishing House, 2022. - P. 154.

15. Smolnikova Ya. V., Velichko N. A. Development of recipes for special beer with the addition of rocky stone bramble berry juice // Science and education: experience, problems, development prospects: Proc. int. scientific and practical. conf. - 2019. - P. 150-152.

16. Sharoglazova L. P., Rygalova E. A., Velichko N. A. Justification of shelf life and commodity evaluation of a juice-containing drink based on Rubus berries // Bulletin of KrasSAU. – 2020. – No. 3(156). – pp. 129-134.

17. Dogan Y. et al. The use of wild edible plants in western and central Anatolia (Turkey) //Economic botany. – 2004. – T. 58. – No. 4. – pp. 684-690.

18. Suvanto J. et al. Variability in the production of tannins and other polyphenols in cell cultures of 12 Nordic plant species //Planta. – 2017. – T. 246. – No. 2. – pp. 227-241.

19. Tomczyk M., Gudej J. Polyphenolic Compounds from Rubus saxatilis //Chemistry of Natural Compounds. – 2005. – V. 41. – No. 3.

10.52671/26867591_2026_1_312
УДК 664.664:664.6:577.15

РАЗРАБОТКА ХЛЕБЦЕВ ХРУСТЯЩИХ, ОБОГАЩЕННЫХ БЕТУЛИНОМ

ОДИНЦОВ Г.К.[1], аспирант
КАЛИНИНА И.В.[2], д-р техн. наук, профессор
ПАКИЧЕВ А.С. [3], аспирант
[1]Национальный исследовательский университет ИТМО, г. Санкт-Петербург, Россия
[2]ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)», г. Челябинск, Россия
[3] ФГБОУ ВО «Вятский государственный агротехнологический университет», г. Киров, Россия

DEVELOPMENT OF CRUSTY BREADS ENRICHED WITH BETULIN

ODINTSOV G.K.[1], postgraduate student
KALININA I.V.[2], Doctor of Technical Sciences, Professor
PAKICHEV A.S.[3], postgraduate student
[1]ITMO National Research University, Saint Petersburg, Russia
[2]South Ural State University (National Research University), Chelyabinsk, Russia
[3] Vyatka State Agrotechnological University, Kirov, Russia

Аннотация. Актуальность работы обусловлена ростом спроса на функциональные продукты питания и необходимостью расширения ассортимента ржаных хрустящих хлебцев за счёт введения натуральных антиоксидантов. Целью исследования явилась разработка рецептуры ржаных хрустящих хлебцев, обогащённых бетулинсодержащим порошком, и оценка его влияния на биотехнологические процессы и функциональные свойства продукта. Объектом исследования служили хлебцы, приготовленные по стандартной технологии с добавлением экстракта бересты в расчётном количестве 0,07 % к массе готового изделия. Оценивали бродильную активность и подъёмную силу дрожжей, динамику титруемой кислотности теста, физико-химические и органолептические показатели готовых хлебцев, а также их антиоксидантную активность по методу DPPH. Установлено, что введение бетулинсодержащего порошка увеличивает бродильную активность дрожжей в 1,7 раза и позволяет сократить время брожения теста с 90 до 40 мин без ухудшения структурно-механических и сенсорных характеристик. Все показатели качества хлебцев соответствовали требованиям ГОСТ 9846-88, а антиоксидантная активность готового продукта возросла на 10,91 % по сравнению с контролем. Полученные результаты подтверждают технологическую целесообразность использования бетулина в составе ржаных хрустящих хлебцев как перспективного натурального ингредиента для создания функциональных продуктов питания.

Ключевые слова: хлебцы, бетулин, время брожения, антиоксидантные свойства.

Abstract. *The relevance of this work is due to the growing demand for functional foods and the need to expand the range of rye crispbread by introducing natural antioxidants. The aim of the study was to develop a recipe for crispbread enriched with betulin-containing powder and to evaluate its effect on biotechnological processes and the functional properties of the product. The object of the study was breadcrumbs prepared using standard technology with the addition of birch bark extract in a calculated amount of 0.07% of the weight of the finished product. The fermentation activity and lifting power of yeast, the dynamics of titratable acidity of the dough, the physicochemical and organoleptic indicators of the finished bread, as well as their antioxidant activity according to the DPPH method were evaluated. It was found that the addition of betulin-containing powder increases the fermentation activity of yeast by 1.7 times and reduces the fermentation time of the dough from 90 to 40 minutes without deteriorating the structural, mechanical and sensory characteristics. All quality indicators of the breadcrumbs met the requirements of GOST 9846-88, and the antioxidant activity of the finished product increased by 10.91% compared to the control. The results confirm the technological feasibility of using betulin in rye crispbread as a promising natural ingredient for creating functional foods.*

Keywords*: bread, betulin, fermentation time, antioxidant properties.*

Введение. Российские и зарубежные исследования указывают на рост потребительского спроса на функциональные продукты питания в настоящее время растет и в ближайшем будущем продолжит свой рост. Рост спроса характеризован повышением внимательности к своему здоровью, информированностью о пользе функциональных продуктов и росту интереса к «food-as-medicine» [1 – 4].

В то же время цельнозерновые ржаные хлебобулочные изделия демонстрируют значительные метаболические преимущества в сравнении с изделиями из пшеницы: в рандомизированном исследовании на взрослых с избыточной массой тела показано, что включение продуктов из ржи с высоким содержанием клетчатки в гипокалорийную диету приводит к большей потере веса и процента жира за 12 недель по сравнению с рафинированной пшеницей, а также снижает уровень С-реактивного белка [5]. Метаболические исследования постпрандиальной реакции показывает, что потребление продуктов из ржи вызывает более низкий инсулиновый ответ без существенного повышения глюкозы, что может быть связано с замедленным всасыванием глюкозы в кишечнике [6]. Кроме того, в исследовании, проведённом с использованием визуальных аналоговых шкал аппетита (VAS), вечерние приемы пищи с добавлением ржаных продуктов вызывали на 12 % большую сытость и на 17 % меньше голода, чем пшеничные эквиваленты [7].

Среди ржаных хлебобулочных изделий наиболее простую рецептуру имеют хлебцы, а именно хлебцы хрустящие спортивные. Согласно Сборнику рецептур на хлеб и хлебобулочные изделия, хлебцы хрустящие спортивные включают в рецептуру муку, дрожжи, соль и воду. Отсутствие сахара и содержащих жир продуктов делает этот продукт более диетическим.

Хлебцы традиционно рассматривались как низкокалорийные продукты с высоким содержанием пищевых волокон и повышенной стабильностью при хранении [8]. В связи с возрастанием интереса к

пищевым продуктам профилактического действия ведётся активный поиск натуральных источников антиоксидантов, пригодных для технологического введения в рецептуры хлебобулочных изделий.

Бетулин – основной компонент бересты и основной компонент экстракта бересты. Бетулин обладает комплексной биологической активностью: антиоксидантной, противовоспалительной, гепатопротекторной и гипогликемической. Его фармакологические свойства и применение в композитных составах для пищевой и фармацевтической промышленности описаны в отечественной и зарубежной литературе [9 – 11]. Экстракт бересты представляет собой мелкодисперсный порошок от белого до кремового цвета без вкуса и запаха. Органолептически порошок напоминает пшеничную муку. Таким образом порошок должен смешиваться с мукой до единой и однородной порошкообразной массы, а также не влиять на вкус и запах готового изделия.

Использование растительных экстрактов и порошковых форм в хлебопекарной технологии требует оценки их влияния на основные биотехнологические процессы замеса и ферментации теста, а также на органолептические характеристики конечного продукта. Важными критериями являлись сохранение структуры хлебцев, отсутствие неприятных привкусов и сохранение антиоксидантной активности в процессе термической обработки.

В соответствии с литературными источниками, бетулин обладает антисептическими свойствами в отношении некоторых микроорганизмов [12]. Поэтому крайне важно было оценить, как повлияет введение бетулина на биотехнологические процессы при производстве хлебцев. А в частности, на бродильную активность дрожжей.

Целью настоящей работы является разработка рецептуры и технологии производства ржаных хрустящих хлебцев, обогащённых бетулинсодержащим компонентом, с оценкой влияния добавки на биотехнологические параметры теста, физико-химические показатели и антиоксидантные свойства готового продукта.

Методы исследований

Материалами исследования служили ржаная цельнозерновая обойная мука (С. Пудов, Россия), деионизированная вода (Milli-Q, США), поваренная соль (Руссоль, Россия), прессованные пекарские дрожжи (Саф-Нева, Россия) и бетулинсодержащий порошок (с содержание бетулина 75%) на основе бересты, полученный по авторской технологии. Внешний вид порошка представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 - Внешний вид бетулинсодержащего порошка

Хлебцы готовили по стандартной технологии. Были получены два образца: контроль (К) и модельный образец, обогащенный бетулином. Бетулин вносили с учетом действующих норм потребления.

Расчет дозировки бетулинсодержащего порошка для ввода в состав хлебцев производился на основании следующих документов: Приказ Минздрава РФ от 19.08.2016 №614; ГОСТ Р 55577–2013 «Продукты пищевые функциональные. Информация об отличительных признаках и эффективности»; методические рекомендации МР 2.3.1.1915-04 «Рекомендуемые уровни потребления пищевых и биологически активных веществ». Расчет рациональной дозировки бетулинсодержащего позволил установить дозировку 70 мг на 100 г продукта.

Таким образом рецептура хлебца с добавлением бетулинсодержащего порошка имеет следующий вид, представленный в таблице.

Таблица 1 - Разработанная рецептура на хлебец хрустящий спортивный с бетулином и рецептура контрольного образца

Наименование сырья	Расход сырья на 100 гр готовой продукции, г (обогащенный продукт)	Расход сырья на 100 гр готовой продукции, г (контроль)
Мука ржаная обдирная	103,4	103,4
Дрожжи хлебопекарные прессованные	8,82	8,82
Соль поваренная пищевая	2,21	2,21
Экстракт бересты	0,07	-

Технология приготовления включала замес теста при температуре (начальной) 24 – 26 °С, брожение 90 мин при 28 – 30 °С, формовка в виде тонких лепёшек, выпечка/сушка при 180–200 °С до остаточной влажности – не более 9 %.

Исследование качества полученных образцов хлебцев проводили с использованием стандартных физико-химических, органолептических и биотехнологических методов. Влажность определяли высушиванием навески до постоянной массы; органолептическую оценку выполняли в соответствии с ГОСТ ISO 6658-2016; бродильную активность и подъемную силу дрожжей – по действующим нормативным методикам [13], включая ГОСТ 54731-2011; кислотность теста – титриметрически по водной вытяжке с использованием стандартизованного раствора NaOH в кинетике.

Общую антиоксидантную активность определяли методом DPPH (%) для чего использовали метанольный раствор DPPH 60 мкМ. Поглощение измеряли спектрофотометрически при 515 нм [14].

АОА рассчитывали по формуле 2:

$$АОА = [1 - \frac{Di - Dj}{Dc}] \times 100 \qquad (2)$$

где Di – оптическая плотность исследуемого раствора;

Dj – оптическая плотность контрольного раствора DPPH со спиртом (1:1);

Dc – оптическая плотность раствора DPPH

Результаты

В результате проведения эксперимента было установлено, что экстракт бересты увеличивает бродильную активность дрожжей.

Выход CO_2 в пробе с бетулином в пересчете на 1 час – 42 мл, без бетулина – 25 мл. Таким образом добавка экстракта бересты увеличивает бродильную активность дрожжей в 1,7 раз.

В эксперименте по определению подъемной силы дрожжей по всплыванию шарика теста статистически значимой разницы между контрольным и обогащенных образцом отмечено не было. Эксперимент проводился в 3 проворностях. Среднее время поднятия шарика теста с бетулином 5 минут 5 секунд, без бетулина 5 минут 8 секунд.

На рисунке 2 представлены результаты по оценке титруемой кислотности теста для пробы с добавлением бетулинсодержащего порошка и без него. Как видно по данным таблицы, разница в кислотности 2 образцов на 60 минуте 1,2 раза. Нормальное время брожения теста – 1 час 30 минут. Согласно технологической инструкции кислотность созревшего теста для хлебцев хрустящих спортивных составляет 8,5 градусов. Таким образом, введение бетулинсодержащего порошка в состав рецептуры позволяет сократить время брожения теста с 1 часа 30 минут до 40 минут.

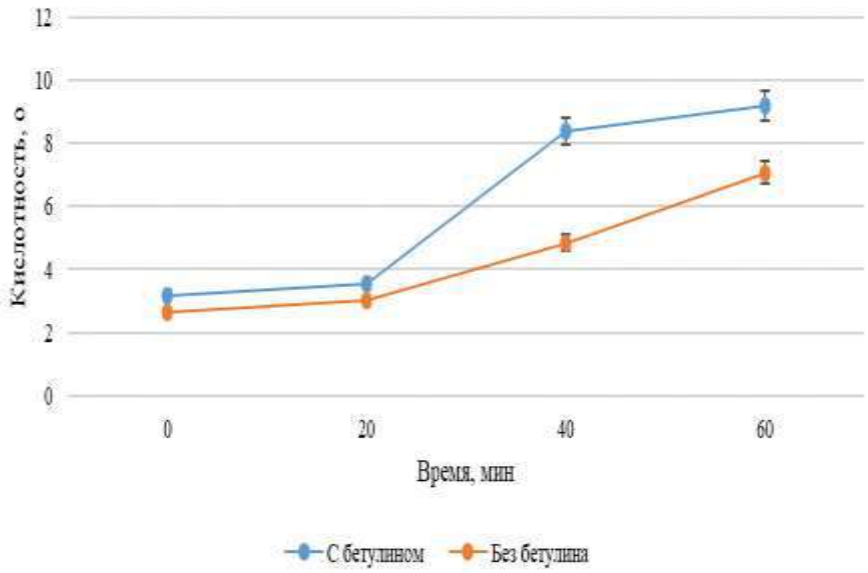


Рисунок 2 - Результаты оценки титруемой кислотности теста (в процессе брожения)

Качество полученного продукта оценивалось в соответствии с ГОСТ 9846-88 «Хлебцы хрустящие». Результаты испытаний представлены в таблице 2.

Все регламентированные показатели обогащённых бетулинсодержащим порошком хрустящих хлебцев соответствовали требования действующего стандарта. Таким образом, внесение в рецептуру хлебцев бетулинсодержащего порошка в расчетном количестве не оказывает существенного влияния на органолептические и физико-химические показатели качества готовых изделий.

В ходе эксперимента были получены следующие данные антиоксидантной активности готовых хлебцев: ингибирование 60 мкМ DPPH экстрактом из хлебцев с бетулином – 87,77±0,45%, без бетулина: 79,14±0,67%. Относительный прирост показателя 10,91%.

Таблица 2 - Показатели качества хлебцев

Показатель в соответствии с ГОСТ 9846-88	Норма	Фактическое значение	Соответствие ГОСТ 9846-88
Вид на изломе	Хорошо разрыхленные, с развитой пористостью, пропеченные и просушенные	Хорошо разрыхленные, с развитой пористостью, пропеченные и просушенные	Соответствует
Вкус, запах	Свойственный данному виду изделий, без постороннего вкуса/запаха	Свойственный данному виду изделий, без постороннего вкуса/запаха	Соответствует
Влажность, %	Не более 9,0%	8,3	Соответствует
Кислотность, град.	Не более 8,0	7,9	Соответствует

Обсуждение результатов исследования

Полученные данные свидетельствуют о многофакторном влиянии бетулинсодержащего порошка на биотехнологические процессы, протекающие в ржаном тесте. Наиболее выраженный эффект наблюдался при изучении газообразующей способности дрожжей: объём выделенного CO_2 в течение одного часа увеличился с 25 мл в контроле до 42 мл при добавлении экстракта бересты, что соответствует росту бродильной активности примерно в 1,7 раза.

Ускорение брожения может быть обусловлено несколькими взаимодополняющимися механизмами. В низких дозировках тритерпеноиды, присутствующие в экстрактах бересты, могут вызывать адаптационный стресс-ответ дрожжевой клетки, сопровождающийся активацией ферментов гликолиза и усиленным использованием доступных углеводов [14-16]. Подобные эффекты описаны для растительных полифенолов, которые при субингибирующих концентрациях способны стимулировать метаболизм *Saccharomyces cerevisiae* за счёт повышения проницаемости клеточной мембраны и усиления транспорта глюкозы [16, 17]. Таким образом, взаимодействие дрожжевой клетки с тритерпеноидными компонентами экстракта может приводить к кратковременному усилению дыхательно-бродильной активности и, как следствие, к увеличению объёма выделяемого CO_2.

Эксперимент показал, что титруемая кислотность в образцах с бетулином возрастала быстрее. Для ржаного теста, где преобладают процессы молочнокислого и смешанного брожения, уровень кислотности напрямую связан с активностью собственных ферментных систем муки (ферментативный комплекс амилолитических и протеолитических ферментов).

Присутствие растительных фенольных соединений может усиливать гидролиз крахмала за счёт активизации α- и β-амилаз, а также повышать доступность легкоферментируемых сахаров.

Кроме того, тритерпеноиды и сопутствующие им природные полифенолы обладают способностью образовывать слабые обратимые комплексы с белками теста. Такие взаимодействия могут стабилизировать структуру развивающейся белково-углеводной сетки, препятствовать преждевременному разжижению теста и способствовать более интенсивному удержанию газа на ранних стадиях брожения [15, 18-20].

Подтверждением отсутствия отрицательного влияния на клейковинный каркас служат данные о подъёмной силе: время всплытия тестового шарика практически не изменилось (5:05 против 5:08), что говорит о сохранении газоудерживающей способности теста, нормальной эластичности и отсутствии ингибирующего влияния тритерпенов.

Антиоксидантная активность готовых изделий увеличилась на 10,91 %, что свидетельствует о сохранении структуры и активности тритерпенов после термообработки. Это согласуется с литературными данными о высокой температурной устойчивости бетулина, разложение которого начинается при температурах выше 250 °C.

Все показатели качества хлебцев (влажность, кислотность, структура, вкус и запах) соответствовали ГОСТ 9846-88. Это важно, потому что многие растительные добавки – особенно полифенольного ряда – изменяют вкус, цвет или структуру изделий. В случае бетулина таких эффектов не наблюдается, что объясняется его нейтральным вкусом и запахом, высокой тонкодисперсностью порошка, низкой массовой долей добавки (0,07 %), достаточной для проявления функционального действия.

Выводы

Проведённые исследования позволили объективно оценить влияние бетулинсодержащего порошка на биотехнологические процессы и потребительские характеристики ржаных хрустящих хлебцев. Полученные данные дают основание сформулировать следующие выводы:

Интенсификация биотехнологического процесса. Установлено, что добавление экстракта бересты в расчётной дозировке оказывает выраженное стимулирующее влияние на бродильную активность дрожжей. Объём выделенного CO_2 увеличился в 1,7 раза по сравнению с контролем, что обеспечило сокращение времени брожения теста с 90 до 40 мин при сохранении показателей технологической зрелости (титруемая кислотность 8,5°). Это свидетельствует о положительном эффекте тритерпеновых соединений на метаболическую активность дрожжевых клеток.

Стабильность качества и соответствие нормативной документации. Введение

бетулинсодержащего порошка в количестве 0,07 % от массы готового изделия не вызвало изменений органолептических, структурных и физико-химических свойств хлебцев. Все исследованные показатели (влажность, кислотность, структура, вкус и запах) соответствовали требованиям ГОСТ 9846-88, что подтверждает технологическую совместимость добавки с традиционной ржаной рецептурой.

Повышение функциональных свойств готового продукта. Включение бетулинсодержащего порошка обеспечило увеличение антиоксидантной активности готовых хлебцев: уровень ингибирования DPPH-радикала составил 87,77 %, что на 10,91 % выше контрольного значения. Сохранение высокой антиоксидантной активности после термообработки подтверждает термостабильность бетулина и его перспективность как натурального функционального ингредиента.

В целом, использование экстракта бересты в технологии производства ржаных хрустящих хлебцев является **научно обоснованным и технологически целесообразным**. Добавка позволяет ускорить процесс брожения, повысить функциональную ценность готового продукта и сохраняет его высокие потребительские характеристики. Полученные результаты свидетельствуют о перспективности применения бетулинсодержащего порошка при разработке продуктов профилактической направленности и могут быть использованы в практике хлебопекарных предприятий.

Список литературы

1. E. Moliboga E., et al. Functional Food Market Analysis: Russian and International Aspects // Food Processing: Techniques and Technology. 2022. Vol. 52. DOI: 10.21603/2074-9414-2022-4-2405.

2. Rashidinejad A. The road ahead for functional foods: Promising opportunities amidst industry challenges // Future Postharvest and Food. 2024. Vol. 1. P. 266–273. DOI: 10.1002/fpf2.12022.

3. Baker M. T., et al. Investigating the Effect of Consumers' Knowledge on Their Acceptance of Functional Foods: A Systematic Review and Meta-Analysis // Foods. 2022. Vol. 11. P. 1135. DOI: 10.3390/foods11081135.

4. Obayomi O. V., et al. Unveiling the role of functional foods with emphasis on prebiotics and probiotics in human health: A review // Journal of Functional Foods. 2024. Vol. 119. DOI: 10.1016/j.jff.2024.106337.

5. Iversen K. N., et al. A hypocaloric diet rich in high-fiber rye foods causes greater reduction in body weight and body fat… // Clin Nutr ESPEN. 2021. Vol. 45. P. 155–169. DOI: 10.1016/j.clnesp.2021.07.007.

6. Iversen K. N., Jonsson K., Landberg R. The Effect of Rye-Based Foods on Postprandial Plasma Insulin Concentration // Frontiers in Nutrition. 2022. Vol. 9. DOI: 10.3389/fnut.2022.868938.

7. Aberg S., Palmnas-Bedard M., Karlsson T., et al. Evaluation of subjective appetite assessment… // Nutrients. 2023. Vol. 15. P. 2456. DOI: 10.3390/nu15112456.

8. Бобренева И. В. Подходы к созданию функциональных продуктов питания: монография. – СПб.: 2012.–471 с.

9. Симонов Г. А., Зотеев В. С., Симонов А. Г. Кора березы в рационе повышает продуктивность цыплят-бройлеров // Эффективное животноводство. – 2015. – С. 42-43.

10. Варанкина А. В., Сырчина Н. В. Изучение применения молотой бересты в пищевом производстве // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем. – 2016. – С. 381-383.

11. Sheth K., Bianchi E., Wiedhope R., Gole J. R. Betulin and its derivatives // Chemistry and Biological Activity. 1973. Vol. 62. P. 139.

12. Анализ природных соединений берёзы // Электронный архив УГЛТУ [Электронный ресурс]. URL: https://elar.usfeu.ru/bitstream/123456789/12243/1/NTM23-183.pdf (дата обращения: 10.10.2025 г.).

13. Meledina T. V., Davydenk S. G. Yeast Saccharomyces cerevisiae: morphology, chemical composition, metabolism. SPb: ITMO University, 2015. 88 p.

14. Окатьева В. Е., Мальцева Е. М. Влияние концентрации этанола на антиоксидантную активность извлечений из перикарпия плода граната // Международный студенческий научный вестник. – 2018. – № 4. – С. 678–680.

15. Krasutsky P. A. Birch bark research and development // Natural Product Reports. 2006. Vol. 23. P. 919–942. DOI: 10.1039/b606816k.

16. Alakurtti S., Mäkelä T., Koskimies S., Yli-Kauhaluoma J. Pharmacological properties of the ubiquitous natural product betulin // Eur. J. Pharm. Sci. 2006. Vol. 29. P. 1–13. DOI: 10.1016/j.ejps.2006.04.006.

17. Zieliński H., Kozłowska H. Antioxidant activity and total phenolics in different cereal grains // J. Agric. Food Chem. 2000. Vol. 48(6). P. 2008–2016. DOI: 10.1021/jf990619o.

18. Szwajgier D., Baranowski M. Antioxidant properties of bread enriched with polyphenols // Food Technology and Biotechnology. 2016. Vol. 54(4). P. 421–430.

19. Singleton V. L., Rossi J. A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic–phosphotungstic reagents // Am. J. Enol. Vitic. 1965. Vol. 16. P. 144–158.

20. Wang L., Yang X., Qin P. Preparation of cereal-based antioxidant-enriched products: a review // Food Chemistry. 2020. Vol. 331. Article 127298. DOI: 10.1016/j.foodchem.2020.127298.

References

1. E. Moliboga E., et al. Functional Food Market Analysis: Russian and International Aspects // Food Processing: Techniques and Technology. 2022. Vol. 52. DOI: 10.21603/2074-9414-2022-4-2405.

2. Rashidinejad A. The road ahead for functional foods: Promising opportunities amidst industry challenges // Future Postharvest and Food. 2024. Vol. 1. P. 266–273. DOI: 10.1002/fpf2.12022.

3. Baker M. T., et al. Investigating the Effect of Consumers' Knowledge on Their Acceptance of Functional Foods: A Systematic Review and Meta-Analysis // Foods. 2022. Vol. 11. P. 1135. DOI: 10.3390/foods11081135.

4. Obayomi O. V., et al. Unveiling the role of functional foods with emphasis on prebiotics and probiotics in human health: A review // Journal of Functional Foods. 2024. Vol. 119. DOI: 10.1016/j.jff.2024.106337.

5. Iversen K. N., et al. A hypocaloric diet rich in high-fiber rye foods causes greater reduction in body weight and body fat… // Clin Nutr ESPEN. 2021. Vol. 45. P. 155–169. DOI: 10.1016/j.clnesp.2021.07.007.

6. Iversen K. N., Jonsson K., Landberg R. The Effect of Rye-Based Foods on Postprandial Plasma Insulin Concentration // Frontiers in Nutrition. 2022. Vol. 9. DOI: 10.3389/fnut.2022.868938.

7. Aberg S., Palmnas-Bedard M., Karlsson T., et al. Evaluation of subjective appetite assessment… // Nutrients. 2023. Vol. 15. P. 2456. DOI: 10.3390/nu15112456.

8. Bobreneva I. V. Approaches to the creation of functional food products: monograph. - St. Petersburg: 2012. - 471 p.

9. Simonov G. A., Zoteev V. S., Simonov A. G. Birch bark in the diet increases the productivity of broiler chickens // Effective animal husbandry. - 2015. - P. 42-43.

10. Varankina A. V., Syrchina N. V. Study of the use of ground birch bark in food production // Biodiagnostics of the state of natural and natural-technogenic systems. - 2016. - P. 381-383.

11. Sheth K., Bianchi E., Wiedhope R., Gole J. R. Betulin and its derivatives // Chemistry and Biological Activity. 1973. Vol. 62. P. 139.

12. Analysis of natural compounds of birch // Electronic archive of USLTU [Electronic resource]. URL: https://elar.usfeu.ru/bitstream/123456789/12243/1/NTM23-183.pdf (accessed: 10.10.2025).

13. Meledina T. V., Davydenk S. G. Yeast Saccharomyces cerevisiae: morphology, chemical composition, metabolism. St. Petersburg: ITMO University, 2015. 88 p.

14. Okateva V. E., Maltseva E. M. Effect of ethanol concentration on the antioxidant activity of pomegranate fruit pericarp extracts // International Student Scientific Bulletin. - 2018. - No. 4. - P. 678-680.

15. Krasutsky P. A. Birch bark research and development // Natural Product Reports. 2006. Vol. 23. P. 919–942. DOI: 10.1039/b606816k.

16. Alakurtti S., Mäkelä T., Koskimies S., Yli-Kauhaluoma J. Pharmacological properties of the ubiquitous natural product betulin // Eur. J. Pharm. Sci. 2006. Vol. 29. P. 1–13. DOI: 10.1016/j.ejps.2006.04.006.

17. Zieliński H., Kozłowska H. Antioxidant activity and total phenolics in different cereal grains // J. Agric. Food Chem. 2000. Vol. 48(6). P. 2008–2016. DOI: 10.1021/jf990619o.

18. Szwajgier D., Baranowski M. Antioxidant properties of bread enriched with polyphenols // Food Technology and Biotechnology. 2016. Vol. 54(4). P. 421–430.

19. Singleton V. L., Rossi J. A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic–phosphotungstic reagents // Am. J. Enol. Vitic. 1965. Vol. 16. P. 144–158.

20. Wang L., Yang X., Qin P. Preparation of cereal-based antioxidant-enriched products: a review // Food Chemistry. 2020. Vol. 331. Article 127298. DOI: 10.1016/j.foodchem.2020.127298.

10.52671/26867591_2026_1_318
УДК: 664

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПИЩЕВЫХ И АГРОБИОТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА: АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ

ОТКОСОВА Т.В.[1], аспирант
МАЛЬЦЕВА В.Н.[1], канд. биол. наук, преподаватель
ПИСКАРЕВА А. В.[2], науч. сотрудник
СУВОРОВ О.А.[2], д-р техн. наук, профессор
[1] Пущинский филиал «Российского биотехнологического университета» (РОСБИОТЕХ), г. Пущино, Россия
[2] Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ), г. Москва, Россия

IMPROVING FOOD AND AGROBIOTECHNOLOGIES TO INCREASE AGRICULTURAL PRODUCTIVITY: ANALYSIS OF THE CURRENT STATE

OTKOSOVA T.V.[1], postgraduate student
MALTSEVA V.N.[1], Candidate of Biological Sciences, Teacher
PISKAREVA A.V.[2], researcher
SUVOROV O.A.[2], Doctor of Technical Sciences, Professor
[1]Pushchino Branch of the Russian Biotechnology University (ROSBIOTECH), Pushchino, Russia
[2]Russian Biotechnology University (ROSBIOTECH), Moscow, Russia

Аннотация. Растущий спрос на устойчивые методы ведения сельского хозяйства усилил интерес к агробиотехнологии – области, в которой используются передовые технологии для повышения урожайности. Прогрессивные технологии и их применение в сельском хозяйстве открывают огромные возможности для преобразования традиционных методов ведения сельского хозяйства в принципиально новые. Но, несмотря на разнообразие традиционных методов ведения сельского хозяйства, вопрос о современных сельскохозяйственных системах требует новых решений и остается актуальным.

Целью исследования является обзор методов и приемов, направленных на улучшение сельскохозяйственного производства и показать перспективы использования ионитных субстратов в АПК.

В данной статье проведен анализ современных достижений в области пищевых и агробиотехнологий, включая применение передовых технологий для повышения урожайности и качества продукции.

Полученные данные могут быть применены в развитии устойчивых и инновационных методов ведения сельского хозяйства, а также в оптимизации производственных процессов в АПК.

Современные агробиотехнологии и использование ионитных субстратов открывают значительные перспективы для трансформации традиционных методов сельского хозяйства, обеспечивая устойчивое развитие и повышение качества сельскохозяйственной продукции.

Ключевые слова: агробиотехнология**,** продукты питания, продуктивность, сельское хозяйство.

Abstract. *Abstract The growing demand for sustainable farming methods has increased interest in agrobiotechnology, an area that uses advanced technology to increase yields. Progressive technologies and their application in agriculture open up huge opportunities for the transformation of traditional farming methods into fundamentally new ones. However, despite the diversity of traditional farming methods, the issue of modern agricultural systems requires new solutions and remains relevant.*

The purpose of the study is to review methods and techniques aimed at improving agricultural production and to show the prospects for the use of ionite substrates in agriculture.

This article analyzes modern achievements in the field of food and agrobiotechnology, including the use of advanced technologies to increase yields and product quality.

The data obtained can be applied in the development of sustainable and innovative farming methods, as well as in the optimization of production processes in agriculture.

Modern agrobiotechnology and the use of ionite substrates offer significant prospects for the transformation of traditional agricultural methods, ensuring sustainable development and improving the quality of agricultural products.

Keywords: *agrobiotechnology, food products, productivity, agriculture.*

Введение

Совершенствования пищевых и агробиотехнологий не только актуально, но и необходимо в условиях стремительного роста населения планеты и ужесточения требований к качеству продукции. Сельское хозяйство стоит на переднем крае необходимости внедрения инновационных технологий, способных не только повысить продуктивность, но и улучшить качество продуктов питания. Эта статья глубоко рассматривает методы агробиотехнологий и их влияние на сельское хозяйство, а также анализирует современный подход к разработке продуктов с заданными характеристиками.

В данной статье представлен обзор научных исследований, посвященных изучению совершенствования пищевых и агробиотехнологий. Был проведен анализ по количеству публикаций, отвечающих запросу «агробиотехнологии» в российских, а также иностранных источниках за последние 5 лет. В таблице 1 представлены результаты исследования с 2020 г. по 2025 г.

Таблица 1 – Количество публикаций в российских, а также иностранных источниках за последние 5 лет по запросу «агробиотехнология», «agrobiotechnology», «гидропоника», «hydroponics», «ионитные субстраты», «ionite substrates»

Годы публикаций	Количество публикаций «агробиотехнология» «agrobiotechnology»		Количество публикаций «гидропоника» «hydroponics»		Количество публикаций «ионитные субстраты» «ionite substrates».	
	РФ	Иностранные источники	РФ	Иностранные источники	РФ	Иностранные источники
2020	1380	1580	561	14800	70	24
2021	1860	1780	679	16800	5	20
2022	1450	1810	709	18000	8	28
2023	1380	1560	673	18700	3	38
2024	1130	1730	528	19200	3	19
2025	1020	1600	419	18600	3	19
2020-2025	8300	10200	4700	106100	84	149

Согласно данным, представленным в таблице 1, можно сделать вывод о том, что запрос «агробитехнология» наиболее часто встречается в иностранных источниках, меньшее количество публикаций по данному запросу в России еще меньшее количество источников по запросам «гидропоника» и «ионитные субстраты», что открывает перспективные направления для дальнейших научных исследований в отечественной науке.

Агробиотехнологии в России и за рубежом: лучшие практики

В настоящее время биотехнологии широко используются для производства продуктов из самых разных видов растений и стали важнейшим инструментом во всех аспектах исследований растений. Биотехнология растений – это развивающаяся область, которая не только способствует синтезу вторичных метаболитов, но и помогает сохранять лучшие сорта. Биотехнологические методы способствует молекулярному анализу, улучшению, размножению и отбору растений [Pal, 2025].

Агробиотехнология — это междисциплинарная область, которая сочетает в себе элементы сельского хозяйства, биологии и технологий для решения проблем в сфере сельского хозяйства. Сельскохозяйственная биотехнология включает в себя применение живых организмов или различных методов, направленных на улучшение растений, животных, микроорганизмов или продуктов питания, получаемых из них. По своей сути агробиотехнология предполагает использование биологических организмов, в частности растений, для выведения новых и улучшенных сортов, обладающих желаемыми характеристиками, такими как повышенная урожайность, улучшенное содержание питательных веществ, устойчивость к вредителям, болезням и неблагоприятным факторам окружающей среды, а также улучшенные послеуборочные качества [Nygymetova,2025].

В Латинской Америке в настоящее время разрабатывается сельскохозяйственная модель, основанная на биотехнологиях и генетически модифицированных культурах для повышения производительности сельского хозяйства. Биоэкономика также даёт им возможность изменить структуру экспорта, включив в него продукцию с более высокой добавленной стоимостью. Биотехнология как ключевой компонент биоэкономики представляет собой стратегическую цель для экономического развития Колумбии. Она даёт уникальную возможность извлечь выгоду из богатого биоразнообразия страны, способствуя прогрессу в таких отраслях, как биология, сельское хозяйство и технологии [Bruszies ,2025].

Методы повышения продуктивности в АПК

Растущий спрос на устойчивые методы ведения сельского хозяйства усилил интерес к агробиотехнологии – области, в которой используются передовые технологии для повышения урожайности. Нанотехнологии и их применение в сельском хозяйстве открывают огромные возможности для преобразования традиционных методов ведения сельского хозяйства в принципиально новые.

Ожидается, что к 2030 году население Земли увеличится до 8,5 миллиарда человек, а к 2050 году – до 9,8 миллиарда, что создаст значительные проблемы для сельского хозяйства и систем производства продуктов питания. В отчёте National Academies Press указано, что в течение следующих 50 лет мировой спрос на продукты питания вырастет на 50–80 % из-за увеличения численности населения и роста доходов. Экологические проблемы приводят к тому, что удовлетворять растущий мировой спрос на продовольствие становится всё труднее [Puhan P. P. 2025].

Почва – важнейший и наиболее уязвимый ресурс для выращивания сельскохозяйственных культур. Она необходима для поддержания баланса экосистемы и обеспечения устойчивого производства продуктов питания. Для повышения плодородия почвы и поддержания баланса питательных веществ обычно используются химические удобрения и органические вещества. Однако во многих случаях химические удобрения применяются в чрезмерных и непропорциональных количествах для повышения урожайности в условиях дисбаланса питательных веществ. Чрезмерное использование удобрений может привести к ухудшению состояния как почвы, так и окружающей среды. Низкое плодородие почвы часто является следствием повышения урожайности без надлежащего восстановления необходимых питательных веществ. Интенсивные методы ведения сельского хозяйства, направленные на максимизацию урожая, со временем могут привести к ухудшению качества почвы, что требует сбалансированного и точного внесения удобрений для восстановления необходимых питательных веществ и поддержания здоровья почвы.

Системы выращивания на гидропонике становятся всё более популярными в защищённом грунте благодаря своей способности ускорять рост растений и повышать урожайность при минимальных затратах на обслуживание. В таких системах питательный раствор напрямую поддерживает рост растений, позволяя открытым корням поглощать питательные вещества, что снижает потребность в борьбе с сорняками и сводит к минимуму использование химикатов и пестицидов. Кроме того, опрыскивание питательным раствором помогает стерилизовать корни, предотвращая болезни, и при этом максимально увеличивает контакт поверхности корней с питательными веществами. Аэропонные системы на основе датчиков с возможностью рециркуляции привлекают внимание благодаря эффективному использованию воды и питательных веществ, снижению воздействия на окружающую среду, устойчивости и экономичности Благодаря возможности мониторинга и корректировки уровня питательных веществ в режиме реального времени обеспечивается эффективное использование удобрений и воды, а также максимальная

урожайность и качество сельскохозяйственных культур, что крайне важно для коммерциализации садоводческой продукции. При выращивании на гидропонике для непрерывного контроля уровня питательных веществ в водных растворах используются такие датчики, как pH-метры, датчики электропроводности и ионоселективные электроды. Эти датчики часто интегрируются в автоматизированные системы дозирования, которые регулируют концентрацию питательных веществ в режиме реального времени, обеспечивая растения сбалансированным пи [Reza,2025].

Ионитные субстраты – это комплексная водонерастворимая добавка пролонгированного действия для выращивания растений, которая обеспечивает их сбалансированным набором макро- и микроэлементов в обмен на метаболиты, выделяемые корневой системой.

Ионитные субстраты не являются классическим минеральным удобрением и разработаны для решения задач, связанных с корневым питанием растений, как в любительском, так и профессиональном растениеводстве.

Ионитные субстраты возможно использовать в комбинации с любыми инертными материалами. Например, вермикулит и перлит, пеностекло и кокосовое волокно, речной и пустынный песок, каменная вата. Эффективность ионитных субстратов не зависит от температуры. Они стабильно работают в широком температурном интервале: от +4°С до +65°С. Укрепление иммунной системы и повышение устойчивости растений к стрессовым факторам. Резкие перепады температур, высокие значения pH воды для полива, сквозняки, периодический недостаток элементов питания в растворе [https://t.me/ZionProfessional]

Кроме того, был выполнен патентный поиск. Объектами исследования поиска являлись запросы «ионитопоники» и «гидропоники». Информация отобрана из баз данных России и зарубежных источников. Результаты патентного поиска приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Патентная документация

Объект исследования, его составные части	Вид и номер документа с двухбуквенным кодом страны/режим действия	Наименование объекта интеллектуальной собственности	Заявитель (правообладатель)	Дата публикации
Гидропоника	US20060272210A1	Smart garden devices and methods for growing plants	W. Bissonnette Robert Wainwright Carson Payne John Thompson Curt Morgan Sylvia Bernstein	07.12.2006
Ионитопоники	RU2662772 C1	Питательный субстрат для выращивания растений	Д.А.Ефремов Е.Г.Косандрович И.О.Мельников А.Н.Печкуров Е.М.Полховский В.С. Солдатов В.В.Сапрыкин	2013-12-10
Гидропоника	KR102403449B1	Plant growth control system	앤드류 리스올 리폴 자크 루이스 후버트 보우벤스	2018-04-19
Гидропоника	RU2017138960A	Гидропоника	Юджин ВАН, , БЮЙРЕНЖак ВАН БЮЙРЕНЯн, Герардус ЭЛЕРС	2019-05-13
Ионитопоники	RU2762136C1	Питательный субстрат для выращивания растений	В. С. Солдатов ООО"ЦИОН Холдинг"	2021-12-16
Гидропоника	RU2730648C1	Способность гидропонного выращивания растений, устройство для осуществления выхода и плавающая платформа этого устройства	Николай Иванович Туркин Алексей Алексеевич Мурашов Павел Валерьевич Садовников Павел Павлович Потапов	2020-02-06
Гидропоника	US11206774B2	Vertical hydroponic growing system and method	Toni Sperry	2021-28-12
Гидропоника	US11903351B2	Grow cups for hydroponic growing systems	Toni Sperry	2021-09-03
Гидропоника	US20060272210A1	Smart garden devices and methods for growing plants	W. Bissonnette Robert Wainwright Carson PayneJohn Thompson Curt MorganSylvia Bernstein	2022-05-27
Гидропоника	EP2124521B1	Hydroponics growing medium	Roger Jackson, Tony Aindow, George Baybutt	2023-12-14

В результате патентного исследования было выявлено значительное количество патентов связанных с изучением сред для выращивания на гидропонике. Также встречаются разработки как российских, так и зарубежных ученых в применении питательных субстратов для выращивания растений.

Отсутствие большого количества патентов в области ионитных субстратов для выращивания растений остается перспективной нишей для разработки и масштабирования.

Заключение

В работе рассмотрены вопросы: лучшие практики агробиотехнологии в России и за рубежом лучшие практики, современные агробиотехнологии в сельском хозяйстве, методы повышения продуктивности в АПК, разработка продуктов с заданными свойствами подходы и методы проведен патентный поиск. Показано, что направление совершенствования пищевых и агробиотехнологий для повышения продуктивности сельского хозяйства и разработки продуктов питания с заданными характеристиками изучена не полном объёме и требует досконального изучения.

Список литературы

1. Патент RU2662772 РФ, C1, A01G31/00 Питательный субстрат для выращивания растений / Д. А. Ефремов, И. О. Косандрович, А. Н. Мельников, Е. М. Печкуров, В. С. Полховский, В.В. Солдатов. Заявлено 16.11.2017. Опубликовано 30.07.2018.

2. Патент RU2730648C1, РФ Способность гидропонного выращивания растений, устройство для осуществления выхода и плавающая платформа этого устройств/Н. И. Туркин, А. А. Мурашов, П. В. Садовников, П. П. Потапов. Заявлено 02.06. 2020. Опубликовано 24.08.2020.

3. Патент RU2021107819A, РФ Питательный субстрат для выращивания растений/ В. С. Солдатов, Е. Г. Косандрович, Е. М. Полховский, И. О. Мельников, В. В. Сапрыкин. Заявлено 24.03. 2021 Опубликовано.

4. Bruszies C. J. Conditions for developing agro-biotechnology innovation clusters: empirical evidence from Colombia based on critical success factors //Revista de Economia e Sociologia Rural. – 2025. – Т. 63. – С. e283627.

5. Lewi D. M., Godoy P., Simeone F. Experiences, learnings and perspectives in the regulation of agricultural biotechnology: the view from Argentina //Frontiers in Bioengineering and Biotechnology. – 2025. – Т. 13. – С. 1600642.

6. Nygymetova A. M. et al. Development and Transfer of Microbial Agrobiotechnologies in Contrasting Agrosystems: Experience of Kazakhstan and China //Plants. – 2025. – Т. 14. – №. 14. – С. 2208.

7. Pal M. et al. The use of biotechnologies for food production and improvement of their quality from the point of view of food safety // Biomedicine. – 2025. – Vol. 10. – No. 1. – pp. 1-10.

8. Patent US20060272210A1, USA, Smart devices and methods of growing plants/ W. Bissonnette, Robert Wainwright Carson, Payne John, Thompson Kurt, Morgan Sylvia Bernstein. It was announced on 19.06.2006. Published 07. 12. 2006.

9. Patent US11206774B2, USA, A01G31/06, Vertical hydroponic system and cultivation method/ Tony Sperry. Announced on 08.02.2019. Published on 12/28/2021.

10. Patent US11903351B2, USA, A01G31/06, Glasses for growing plants by the hydroponic method / Tony Sperry. It was announced on 11.09.2021. Published on 03/09/2021.

11. Patent KR102403449B1, South Korea Plant growth control system. It was announced on 07.03. 2017.Published on 30.05. 2022.

12. Patent EP2124521B1 Environment for growing in hydroponics / R.Jackson, T. Aindow, D. Baybutt. Announced ЕНГЩ on 14.10. 2023 Published on 14.12. 2023.

13. Puhan P. P. et al. Nanobiosensors for Precision Agrobiotechnology //Nanobiosensors for Crop Monitoring and Precision Agriculture. – Singapore: Springer Nature Singapore, 2025. – С. 1-27.

14. Reza M. N. et al. Trends of soil and solution nutrient sensing for open field and hydroponic cultivation in facilitated smart agriculture //Sensors. – 2025. – Т. 25. – №. 2. – С. 453.

15. https://t.me/ZionProfessional

References

1 Patent RU2662772 of the Russian Federation, C1, A01G31/00 Nutrient substrate for growing plants / D. A. Efremov, I. O. Kosandrovich, A. N. Melnikov, E. M. Pechkurov, V. S. Polkhovsky, V.V. Soldatov. Announced on 16.11.2017. Published on 07/30/2018.

2. Patent RU2730648C1, Russian Federation The ability of hydroponic plant cultivation, a device for exiting and a floating platform for these devices/N. I. Turkin, A. A. Murashov, P. V. Sadovnikov, P. P. Potapov. Announced on 06/02. 2020. Published on 08/24/2020.

3. Patent RU2021107819A, Russian Federation Nutrient substrate for growing plants / V. S. Soldatov, E. G. Kosandrovich, E. M. Polkhovsky, I. O. Melnikov, V. V. Saprykin. Announced on 03/24/2021 Published.

2. Patent RU2730648C1, Russian Federation The ability of hydroponic plant cultivation, a device for exiting and a floating platform for these devices/N. I. Turkin, A. A. Murashov, P. V. Sadovnikov, P. P. Potapov. Announced on 06/02. 2020. Published on 08/24/2020.

3. Patent RU2021107819A, Russian Federation Nutrient substrate for growing plants / V. S. Soldatov, E. G. Kosandrovich, E. M. Polkhovsky, I. O. Melnikov, V. V. Saprykin. Announced on 03/24/2021 Published.

4. Bruszies C. J. Conditions for developing agro-biotechnology innovation clusters: empirical evidence from

Colombia based on critical success factors //Revista de Economia e Sociologia Rural. – 2025. – T. 63. – C. e283627.

5. Lewi D. M., Godoy P., Simeone F. Experiences, learnings and perspectives in the regulation of agricultural biotechnology: the view from Argentina //Frontiers in Bioengineering and Biotechnology. – 2025. – T. 13. – C. 1600642.

6. Nygymetova A. M. et al. Development and Transfer of Microbial Agrobiotechnologies in Contrasting Agrosystems: Experience of Kazakhstan and China //Plants. – 2025. – T. 14. – №. 14. – C. 2208.

7. Pal M. et al. The use of biotechnologies for food production and improvement of their quality from the point of view of food safety // Biomedicine. – 2025. – Vol. 10. – No. 1. – pp. 1-10.

8. Patent US20060272210A1, USA, Smart devices and methods of growing plants/ W. Bissonnette, Robert Wainwright Carson, Payne John, Thompson Kurt, Morgan Sylvia Bernstein. It was announced on 19.06.2006. Published 07. 12. 2006.

9. Patent US11206774B2, USA, A01G31/06, Vertical hydroponic system and cultivation method/ Tony Sperry. Announced on 08.02.2019. Published on 12/28/2021.

10. Patent US11903351B2, USA, A01G31/06, Glasses for growing plants by the hydroponic method / Tony Sperry. It was announced on 11.09.2021. Published on 03/09/2021.

11. Patent KR102403449B1, South Korea Plant growth control system. It was announced on 07.03. 2017.Published on 30.05. 2022.

12. Patent EP2124521B1 Environment for growing in hydroponics / R.Jackson, T. Aindow, D. Baybutt. Announced ЕНГЩ on 14.10. 2023 Published on 14.12. 2023.

13. Puhan P. P. et al. Nanobiosensors for Precision Agrobiotechnology //Nanobiosensors for Crop Monitoring and Precision Agriculture. – Singapore: Springer Nature Singapore, 2025. – C. 1-27.

14. Reza M. N. et al. Trends of soil and solution nutrient sensing for open field and hydroponic cultivation in facilitated smart agriculture //Sensors. – 2025. – T. 25. – №. 2. – C. 453.

15. https://t.me/ZionProfessional

10.52671/26867591_2026_1_323
УДК 633.361.022

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПОЛУЧЕНИЯ СЕМЯН СОИ ПРИ УБОРКЕ В КОМБАЙНЕ ДВУХФАЗНОГО ОБМОЛОТА

ПРИСЯЖНАЯ С.П., д-р техн. наук, профессор
ПРИСЯЖНАЯ И.М., канд. техн. наук, доцент
ПАНАСЮК А.Н., д-р техн. наук, доцент, чл.-корр. РАН
ЧУРИЛОВА К.С., канд. экон. наук, доцент
ФГБНУ ФНЦ «Всероссийский научно-исследовательский институт сои», г. Благовещенск, Россия

TECHNOLOGY - ECONOMIC EFFICIENCY OF SOY SEVENS IN THE COMPANY OF TWO-FASE REMOVAL

PRISYAZHNAYA S.P., Doctor of Technical Sciences, Professor
PRISYAZHNAYA I.M., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
PANASYUK A.N., Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, corresponding member of the RAN
CHURILOVA K. S., Candidate of Economics, Associate Professor
All-Russian Soybean Research Institute, Blagoveshchensk, Russia

Аннотация. Предложен сравнительный принцип технико - экономической оценки работы комбайнов, когда усовершенствованные конструктивно - технологическая схема и технологический процесс получения семян сои модернизированным комбайном двухфазного обмолота «Енисей-1200» экстраполируется на современный аналог – зерноуборочный комбайн РСМ-154 «Т-500», используемый на уборке сои и существующей технологии для получения элитных и репродукционных семян на послеуборочную обработку после раздельного сбора комбайном семенного и товарного зерна сои.

Эксплуатационно-технологические испытания модернизированного комбайна показали, что в первую семенную фракцию выделяется не менее 60% полноценного зерна сои: чистота, дробление и микроповреждения которого соответствуют требованиям ГОСТ Р 52325-2005 и послеуборочной подработки бункерного зерна сои первой фракции с учетом требований на репродукционные семена не требуется. В результате экономия эксплуатационных затрат на уборку и послеуборочную подработку семян сои при двухфазном обмолоте с раздельным сбором комбайном семенного и товарного зерна сои составит 2022,4 руб./га, при расчетной сезонной наработке на один комбайн с учетом поправочного коэффициента по метеоусловиям – 375 га. Потенциально возможный расчетный экономический эффект, составляет 1,27 млн. руб. за сезон.

Ключевые слова: соя, семена, отходы, уборка, эталонный, модернизированный комбайн, послеуборочная обработка, экономическая эффективность.

Abstract. *The comparative principle of technical and economic evaluation of the work of harvesters is proposed, when the improved structural and technological scheme and technological process for obtaining soybean seeds by the modernized combine harvester of the two-phase threshing Yenisei-1200 is extrapolated to a modern analogue - the combine harvester RSM-154 T-500, used in soybean harvesting and existing technology for obtaining elite and reproduction seeds for post-harvest processing after separate harvesting of soybean seed and commodity grain by the combine harvester.*

Operational and technological tests of the modernized combine showed that at least 60% of full-fledged soybean grain is allocated to the first seed fraction: purity, crushing and microdamage of which meet the requirements of GOST R 52325-2005 and post-harvest processing of bunker soybean grain of the first fraction, taking into account the requirements for reproduction seeds, is not required. As a result, savings in operating costs for harvesting and post-harvest processing of soybean seeds with two-phase threshing with separate harvesting of seed and marketable soybean grain by a combine will amount to 2022.4 rubles/ha, with the estimated seasonal production per combine, taking into account the correction factor for weather conditions - 375 hectares. The potential estimated economic effect is 1.27 million rubles for the season.

Keywords: *soybeans, seeds, waste, cleaning, reference, modernized combine harvester, post-harvest processing, economic efficiency.*

Введение. Получение семян сои непосредственно при уборке модернизированным комбайном с двухфазным обмолотом и раздельным сбором первой (семенной) и второй фракции обусловлено растущими потребностями в эффективных и высококачественных технологиях уборки и послеуборочной обработке. В условиях современного сельского хозяйства, где конкуренция за ресурсы и урожайность возделываемых культур становится все более острой, необходимо не только повышать производительность, но и минимизировать потери урожая от дробления и микроповреждения при получении семян [1, 2].

При существующих технологиях комбайновой уборки и послеуборочной подработке величина механических повреждений зерна сои в отдельные годы может достигать 30% [3, 4].

Технологии комбайновой уборки, обеспечивающая режимы обмолота с учетом физико-механических свойств зерна сои и снижения стоимости получения репродукционных семян за счет получения семенной фракции в комбайне непосредственно при уборке представляет научно-практический интерес и способствует решению задач в области семеноводства и производства семян.

Целью разработки более эффективной технологии получения качественных семян отдельной фракцией от комбайна, обеспечивая технологический процесс и соблюдая агротехнические требования на уборке сои с учетом физико-механических свойств обмолачиваемого зерна, является снижение стоимости получения репродукционных семян [5-8]. Особое внимание уделяется совершенствованию технологии получения первой семенной фракции непосредственно в комбайне, выбору устройства и режима работы модернизированного комбайна двухфазного обмолота, определению и сравнению соответствующей цены получения семенной и товарной фракции по сое по разным технологиям в зерноуборочном комбайне [9, 10, 11].

Материалы и методы исследований. Методика определения технико-экономической эффективности получения семян сои непосредственно при уборке комбайном с двухфазным обмолотом базируется на ГОСТ Р 53056-2008 «Техника сельскохозяйственная – Методы экономической оценки».

В основе экономической оценки зерноуборочных комбайнов, для получения товарного бункерного зерна и последующей послеуборочной подработки для получения семян сои использован сравнительный принцип испытаний: усовершенствованные конструктивно - технологическая схема и технологический процесс получения семян сои модернизированным комбайном двухфазного обмолота с раздельным сбором семенной (первой) и второй товарной фракции [12, 13] методом экстраполяции накладывают на современный аналог двухбарабанного зерноуборочного комбайна и существующую технологию послеуборочной обработке зерна сои после раздельного сбора комбайном семенного и товарного зерна сои для получения элитных и репродукционных семян

За базовый вариант для сравнительной оценки принят серийный зерноуборочный двух барабанный комбайн РСМ-154 «Т-500», применяемый на уборке сои. Двух барабанная система обмолота комбайна «Т-500» состоит из двух барабанов диаметром 800 мм, набора адаптеров молотильно-сепарирующих устройств и очистки комбайна, обладает гибкой декой с электронным регулированием зазоров на всем протяжении и обеспечивает стабильный обмолот без потерь [14]. Сепаратор диаметром 750 мм способствует движению соевой массы по плавной траектории, интенсивно сепарируя соевое зерно.

Молотильно-сепарирующее устройство (МСУ) обмолота и очистки зерна сои в модернизированном комбайне двухфазного обмолота аналогично МСУ комбайна РСМ-154 «Т-500» с дополнительными конструктивными доработками, (рисунок). Конструктивно-технологическая схема МСУ модернизированного комбайна включает в себя: приемный битер 1, два зерновых элеватора 2 и 3, подачи семян первой и второй фракции в бункер комбайна, выгрузной шнек 4, первый и второй молотильные барабаны с решетчатыми подбарабаньями 5 и 6, домолачивающее устройство 7, соломотряс 8, вторую стрясную доску - грохот 9, первое жалюзийное решето с длиной лепестков 70

мм, и удлинителем 10, второе жалюзийное решето 11 с длиной лепестков 22 мм, колосовой шнек 12 подачи бобов на домолот, вторую скатную доску 13, второй зерновой шнек 14, первую скатную доску 15, решето 16, первый зерновой шнек 17, вентилятор18, первый - основной грохот 19. Новыми конструктивными элементами МСУ являются: элеватор подачи семян второй фракции 3 и бункер раздельного сбора и выгрузки семенной (первой) и второй фракции зерна сои, вторая стрясная доска 9, первое жалюзийное решето с длиной лепестков 70 мм, и удлинителем 10 решето16, первый - основной грохот 19 (патент С 1 RU №2807339).

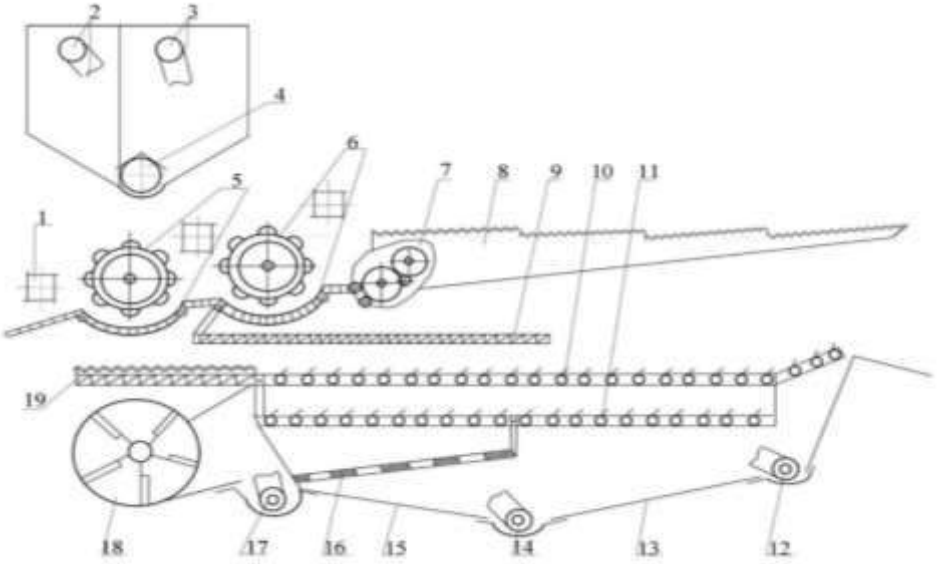


Рисунок 1 – Устройство модернизированного комбайна двухфазного обмолота раздельного получения семенной и товарной фракции на уборке сои

Работа устройства заключается в следующем: на очистку комбайна поступает ворох, состоящий из четырех потоков: первый – просепарированный, через решетку первого молотильного барабана 5, по основному грохоту 19, и движется на начало первой половины жалюзийного решета с удлинителем 10.

Второй поток вороха, поступающий от второго молотильного барабана с подбарабаньем 6 на вторую стрясную доску (грохот) 9 и подается на вторую часть первого решета. На вторую стрясную доску – грохот 9 дополнительно поступает третий зерновой ворох от домолачивающего устройства и четвертый ворох, выделенный из соломотряса 8.

Технологический эффект модернизированной конструктивно- технологической схемы МСУ достигается тем, что в разработанной конструкции системы очистки на первой половине решетного стана комбайна и ниже жалюзийных решет устанавливается дополнительное решето с продолговатыми отверстиями или решето Фадеева, разделяющее просепарированное на первой половине очистки комбайна соевое зерно на целое, которое сходит в первый зерновой шнек и элеватором подается в двухсекционный бункер, и дробленое вдоль семядоли (половинки) и мелкодробленое зерно, которое по первой скатной доске поступают во второй зерновой шнек второй фракции зерна, и зерна домолоченного вторым молотильным барабаном и при доведении до семенной кондиции подлежит послеуборочной подработке. Такое конструктивное решение совершенствования системы очистки комбайна для сбора наиболее вызревшего семенного зерна, обеспечивает повышение всхожести и урожайности полученных семян сои, улучшенное качество семян первой фракции увеличивает урожай сои, при посеве сокращает косвенные потери семян и обеспечивает появление дружных всходов. Выделенные соевые половинки имеют определенную цену и продаются на переработку наряду с товарным зерном.

Хронометражные наблюдения и эксплуатационно-технологическая оценка комбайна РСМ-154 «Т-500» на уборке сои проведены на полях ООО «Имени Негруна» Ивановского округа Амурской области в погодно-климатических условиях 2024 года.

Расчёт показателей экономической эффективности выполнен в ценах 2025 года наложением результатов экспериментальных исследований модернизированного комбайна «Енисей 1200» на комбайн с двухфазным обмолотом РСМ-154 «Т-500» в сравнение с со штатной системой обмолота и, последующей послеуборочной подработкой и доведением зерна сои до семенной репродукции. Показатели эффективности определяли исходя из расчетной сезонной наработки на один комбайн.

Результаты исследования и их обсуждение. Агротехнический срок, на уборке сои в южной зоне Амурской области составляет 21 календарный день. С учетом агротехнического срока, числа дней с осадками и поправочного коэффициента по метеоусловиям 0,87, произведен расчет сезонной наработки на один комбайн, составляющий 374,9 га (табл. 1).

Таблица 1 – Эксплуатационные показатели работы комбайнов на уборке сои

Наименование показателей	Значение показателя
Агротехнический срок уборки сои, установленный в южной зоне, дни	21
Культура, сорт	соя «Сентябринка»
Комбайн	РСМ-154 «Т-500»
Жатка	Float Stream 900
4. Условия и режим работы:	
а) рабочая скорость, км/ч	6,25
б) ширина захвата, м – конструктивная	9,0
- рабочая	8,55
г) средняя длина гона, м	1000
Урожайность, ц/га	28,55
Норма выработки по сменному времени, га в смену	20,52
Удельный расход топлива, кг/га	12,97
Производительность, -чистого времени, га/ч - эксплуатационного времени, га/ч	 5,34 2,78
Сезонная наработка на уборке сои, га	374,9

Хозяйственная проверка модернизированного комбайна показала, что в первую семенную фракцию выделяется не менее 60% наиболее полноценного зерна сои. Фракция содержит на 2,36-2,8 % меньше дробленого и микроповрежденного зерна, чистота семян составляет – 97,48%, что соответствует требованиям ГОСТ Р 52325-2005 на семенное зерно сои. Поэтому чтобы сохранить качественное зерно и не увеличивать дробление и микроповреждение зерна, дополнительно возникающее при подработке и получении семян по традиционной технологии, полученную от комбайна первую фракцию зерна следует использовать в качестве семенной на посеве без послеуборочной подработки.

Бункерное зерно сои серийного и второй фракции модернизированного комбайнов имеет чистоту семян 92,13 и 92,05% при требовании по ГОСТ Р 52325-2005 на репродукционные семена – 96% и зерно на товарные цели – 95%, содержит мертвые отходы, дробленые поврежденные, больные и часто морозобойные семена и требует послеуборочной подработки, включая: первичную и вторичную очистку и калибровку зерна сои на семяочистительной линии.

Расчет затрат на эталонную очистку и подработку бункерного зерна и зерна товарной фракции выполнен на основе технологии и нормативов на послеуборочную подработку репродукционных семян, по которой проводится первичная очистка вороха от сорной примеси, мертвых отходов, и при подготовке семян: – калибровка и удаление дробленых и микроповрежденных семян.

Затраты на эталонную очистку и подработку бункерного зерна сои серийного комбайна составляют 3414,0 руб./га, второй товарной фракции опытного комбайна – 1356,3 руб./га. (табл. 2)

За счет модернизации серийного комбайна отчисления на амортизацию увеличиваются на 20,7 руб./га, на текущий, капитальный ремонт и техническое обслуживание га 15,3 руб./га.

Таблица 2 – Расчет затрат на эталонную очистку и подработку бункерного зерна сои

Наименование показателей	Серийный комбайн	Модернизированный комбайн	
		1-я фракция	2-я фракция
Норматив на первичную подработку, руб./ц	32,75		
Затраты на первичную подработку, руб./ц	28,55	17,13	11,42
Семенной режим,			
Норматив на первый проход, руб./ ц	40,39		
Затраты на первый проход руб./ ц	27,69	0,00	11,08
Норматив на второй проход, руб./ ц	50,83		
Затраты на второй проход, руб./ ц	26,77	0,00	10,52
Норматив на первичную очистку, руб./га	50,83		
Затраты на первичную очистку, руб./га	935,0	0,00	374,0
Затраты по доработке – семенной режим, первый проход, руб./га	1118,4	0,00	447,5
Затраты по доработке – семенной режим, второй проход, руб./га	1360,8	0,00	534,8
Итого издержки на подработку семян сои руб./га	3414,2	0,00	1356,3

За счет модернизации серийного комбайна отчисления на амортизацию увеличиваются на 20,7 руб./га, на текущий, капитальный ремонт и техническое обслуживание га 15,3 руб./га. Транспортировка зерна от комбайна автомобилем КАМАЗ с прицепом и выгрузка зерна сои 1 и 2 фракций производится раздельно и не требует дополнительного автомобиля. Совокупно экономия эксплуатационных затрат составляет – 2022,4 руб./га. С учетом сезонной наработки на уборке сои 347,9 га экономия эксплуатационных затрат за сезон составит – 758197,7 руб.

Таблица 3 – Эксплуатационные затраты на уборку и послеуборочную подработку семян сои, руб. на 1 га

Наименование показателей	Серийный комбайн	Опытный комбайн с двухсекционным бункером
Цена комбайна РСМ 154 «Т-500» с жаткой FS-900, руб.	22444087,5	
Затраты на модернизацию (дополнительные капитальные вложения), руб.	0	270050
Эксплуатационные затраты, руб./га:		
-на амортизацию	1726,5	1747,2
-текущий, капитальный ремонт и техническое обслуживание	1225,8	1240,5
-оплату труда и страховые платежи	652,5	652,5
-горюче-смазочные материалы	861,9	861,9
Транспортировку урожая,	904,2	904,2
Послеуборочную подработку	3414,2	1356,3* *Вторая фракция
Итого эксплуатационные затраты на уборке и послеуборочной подработке сои руб./га	8785,1	6762,6
Экономия эксплуатационных затрат, руб./га	2022,4	
Экономия эксплуатационных затрат за сезон, руб.	758197,7	

Сравнительная оценка качественных показателей бункерного зерна модернизированного комбайна и комбайна РСМ-154 «Т-500» представлена в таблице 4.

Таблица 4 – Сравнительная экономическая оценка качественных показателей бункерного зерна

Наименование показателей	Серийный комбайн	Опытный комбайн с двухсекционным бункером	
		1 фракция	2 фракция
Показатели качества	до модернизации	после модернизации	
Сбор с одного гектара, ц	28,55	28,55	
В том числе			
1 фракция	-	17,13	-
2 фракция	-	-	11,42
Сорная примесь, %	3,01	0,02	2,65
Физический вес, ц	0,859	0,003	0,303
Дробление, микроповреждение, %	4,86	2,5	5,3
Физический вес, ц	1,387	0,428	0,605
Выход семян, ц/га	26,30	16,70	10,51
Чистота семян, %	92,13	97,48	92,05
Всего отходы, ц:			
- после 2 прохода	0,763	-	0,333
- после 3 прохода	0,624	-	0,272
Цена, руб./ц			
- семена репродукционные на товарное зерно (РСт)	3000	3000	3000
- отходы 2 прохода	1500	-	1500
- отходы 3 прохода	2000	-	2000
Оценка продукции, руб.			
- семенное зерно	78900,0	50100,0	31530,0
- отходы после 2 прохода	1144,5	-	499,5
- отходы после 3 прохода	1248,0	-	544,0
Итого оценка продукции, руб.	81292,5	82673,5	
Дополнительная продукция, руб. на 1 га	-	1381,0	
Дополнительный доход от качества семян за сезон, руб.	517736,9		

* - уровень РСт

Удельный вес сорной примеси в бункерного зерна серийного комбайна составляет 3,01%, первой и второй фракции модернизированного комбайна 0,02 и 2,65 %. Содержание сорной примеси первой фракции значительно ниже показателей серийного комбайна на 2,99 %, второй фракции на 0,36 %. Уровень дробления и микроповреждения семян в модернизированном комбайне при получении первой фракции на 2,36 % ниже уровня серийного комбайна и на 0,;44 % выше по сравнению с серийным комбайном. Суммарный выход семян от модернизированного комбайна составляет 27,21 ц/га, что выше показателя выхода семян от серийного комбайна на 1,31 ц/га.

Оценка выхода семян и ценных отходов сои при подработке бункерного зерна в денежном выражении составляет: от серийного комбайна – 81292,5 руб./га, в том числе семена - 78900 руб./га; от модернизированного комбайна - 82673,5 руб./га, в том числе семена - 81630 руб./га.

Дополнительный доход от количества и качества получаемых семян из бункерного зерна модернизированного комбайна – 1381 руб./га, за сезон – 517736,9 руб./га.

Выводы:

Расчетный или потенциально возможный экономический эффект на уборке сои модернизированным комбайном составляет 1275934,6 руб. за сезон, в том числе за счет экономии эксплуатационных затрат на послеуборочную подработку семян сои – 758197,7 руб., дополнительного дохода от качества бункерного зерна - 517736,9 руб.

Использование конструктивно-технологических решений для комбайнов с двухфазным обмолотом на уборке сои в семеноводческих хозяйствах представляет научно-практический интерес, способствует снижению затрат при производстве элитных и репродукционных семян. Для комбайновых заводов разработаны схемы, конструкторская документация и для модернизации комбайна изготовлены адаптирующие устройства, переводящие его в разряд соево зернового комбайна.

Список литературы

1 . Гиевский А.М. Обоснование режимов работы молотильно-сепарирующего устройства комбайна при уборке сои / А.М. Гиевский, А.В. Чернышов, Д.Л. Маслов [и др.] // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2019. - Т.12. - № 1 (60). – С 50-56. – DOI 10.17238/issn2071-2243.2019.1.50. – EDNHUNLJC

2 . Годжаев З.А., Колесников А.В. Совершенствование молотилок для обмолота и сепарации зернобобовых культур // Тракторы и сельхозмашины. – 2025. – Т.92. – № 2. – С. 168-175. DOI: 10.17816/0321- 4443-678124/.

3 . Жалнин Э.В., Чаплыгин М.Е. Совершенствование конструкции зерноуборочных комбайнов путем гармонизации их базовых технических параметров // Инженерные технологии и системы. – 2023. – Т. 33. - № 3. – С. 403-416. – DOI 10.15507/2658-4123.033.202303/403-416. – EDN HQCPHM.

4. Влияние фракционного состава зернового вороха на уровень травмирования и посевные качества семян / В.И. Оробинский, А.В. Ворохобин, А.С. Корнев [и др.] // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2021. – Т. 14. – № 3. – С. 12-17. DOI: 10.53914/ issn2071-2243_2021_3_12.RDN:YCNSXI.

5. ГОСТ Р 52325-2005 Национальный стандарт РФ. Семена сельскохозяйственных растений. Сортовые и посевные качества. – Дата принятия 23.03.2005. Дата изменения 28.11.2022. – с. 20.

6. ГОСТ 17109-88 Соя. Требования при заготовках и поставках. – Дата введения 01.07.1990. – с. 43.

7. ГОСТ Р 53056-2008 Национальный стандарт РФ. / Техника сельскохозяйственная – Методы экономической оценки. – Дата введения 01.01.2009. – с. 20.

8. Experiments and analysis of the differential threshing cylinder for soybean with different maturities / J. Kang, X. Wang, F. Xie, [et al.] // Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering. – 2023. – Vol.39. № 1. – P. 38-49. DOI: 10.11975/j.issn. 1002-6819.202206166.

9. Design, fabrication, and performance evaluation of a soybean threshing machine / F.A. Akendola, C.A. Komolafe, A.A. Ankrah [et al.] // International Journal of Advanced Technology and Engineering Exploration. – 2024. – Vol. 11, № 148. – P. 53-73. DOI: 10.19101/IJATEE.2024.111101148.

10. Staton M.J. Reducing soybean harvest losses // In Encyclopedia of Digital Agricultural Technologies. – Cham: Springer International Publishing, 2023. – P. 1109-1119. DOI: 10.1007/978-3-030-89123-7_274-1.

11. Ерохин Г.Н., Коновский В.В., Першин И.А. Качество уборки сои зерноуборочными комбайнами // Наука в Центральной России. – № 3 (57). – 2022. – С. 7-13.

12. Жалнин Э.В., Чаплыгин М.Е. Совершенствование конструкции зерноуборочных комбайнов путем гармонизации их базовых технических параметров // Инженерные технологии и системы. – 2023. – Т. 33. – №3. – С. 403-416. – DOI 10.15507/2658-4123.033.202303.403-416. – EDN HQCPHM.

13. Зонтиков В.И., Полухин А.А., Грядунова Д.Н. Развитие инновационных технологий в растениеводстве на основе селекционных достижений // Зернобобовые и крупяные культуры – 2023. – №2(46) – С.5-9. – DOI 10.24412/2309-348X-2023-2-5-9. – EDN GGAMMB.

14. Влияние сроков посева на урожайность различающихся по скороспелости образцов сои (Clycine max (L.) Merr.) в климатических условиях Иркутской области / Н.Б. Катышева, А.В. Поморцев, Н.В. Дорофеев [и др.] // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2024. – Т.185. – С. 38-49. – DOI 10.30901/2227-8834-2024-3-38-49. – EDN CPQPJV. 2026-01-27 02:44:00

References

1. Gievskiy A.M. Justification of operating modes of the combine harvester threshing and separating device when harvesting soybeans / A.M. Gievskiy, A.V. Chernyshov, D.L. Maslov [et al.] // Bulletin of the Voronezh State Agrarian University. - 2019. - Vol. 12. - No. 1 (60). - P 50-56. - DOI 10.17238/issn2071-2243.2019.1.50. - EDNHUNLJC

2. Godzhaev Z.A., Kolesnikov A.V. Improvement of threshing machines for threshing and separating grain legumes //

Tractors and agricultural machinery. - 2025. - Vol. 92. - No. 2. - P 168-175. DOI: 10.17816/0321-4443-678124/.

3 . Zhalnin E.V., Chaplygin M.E. Improving the design of grain harvesters by harmonizing their basic technical parameters // Engineering technologies and systems. - 2023. - Vol. 33. - No. 3. - Pp. 403-416. - DOI 10.15507/2658-4123.033.202303/403-416. - EDN HQCPHM.

4. The influence of the fractional composition of the grain heap on the level of injury and sowing qualities of seeds / V.I. Orobinsky, A.V. Vorokhobin, A.S. Kornev [et al.] // Bulletin of the Voronezh State Agrarian University. – 2021. – V. 14. – No. 3. – P. 12-17. DOI: 10.53914/ issn2071-2243_2021_3_12.RDN:YCNSXI.

5. GOST R 52325-2005 National standard of the Russian Federation. Seeds of agricultural plants. Varietal and sowing qualities. – Date of adoption 23.03.2005. Date of amendment 28.11.2022. – p. 20.

6. GOST 17109-88 Soybeans. Requirements for procurement and supply. – Date of introduction 01.07.1990. – p. 43.

7. GOST R 53056-2008 National standard of the Russian Federation. / Agricultural machinery – Methods of economic evaluation. – Date of introduction: 01/01/2009. - With. 20.

8. Experiments and analysis of the differential threshing cylinder for soybeans with different maturities / J. Kang, X. Wang, F. Xie, [et al.] // Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering. – 2023. – Vol.39. No. 1. – P. 38-49. DOI: 10.11975/j.issn. 1002-6819.202206166.

9. Design, fabrication, and performance evaluation of a soybean threshing machine / F.A. Akendola, C.A. Komolafe, A.A. Ankrah [et al.] // International Journal of Advanced Technology and Engineering Exploration. – 2024. – Vol. 11, No. 148. – P. 53-73. DOI: 10.19101/IJATEE.2024.111101148.

10. Staton M.J. Reducing soybean harvest losses // In Encyclopedia of Digital Agricultural Technologies. – Cham: Springer International Publishing, 2023. – P. 1109-1119. DOI: 10.1007/978-3-030-89123-7_274-1.

11. Erokhin G.N., Konovsky V.V., Pershin I.A. Soybean harvesting quality with combine harvesters // Science in Central Russia. – No. 3 (57). – 2022. – P. 7-13.

12. Zhalnin E.V., Chaplygin M.E. Improving the Design of Grain Harvesters by Harmonizing Their Basic Technical Parameters // Engineering Technologies and Systems. – 2023. – Vol. 33. – No. 3. – Pp. 403-416. – DOI 10.15507/2658-4123.033.202303.403-416. – EDN HQCPHM.

13. Zontikov V.I., Polukhin A.A., Gryadunova D.N. Development of Innovative Technologies in Crop Production Based on Breeding Achievements // Grain Legumes and Cereal Crops – 2023. – No. 2 (46) – Pp. 5-9. – DOI 10.24412/2309-348X-2023-2-5-9. – EDN GGAMMB.

14. Effect of sowing time on the yield of soybean accessions (Clycine max (L.) Merr.) with different maturity rates under climatic conditions of the Irkutsk region / N.B. Katysheva, A.V. Pomortsev, N.V. Dorofeev [et al.] // Works on applied botany, genetics and breeding. - 2024. - Vol. 185. - Pp. 38-49. - DOI 10.30901/2227-8834-2024-3-38-49. - EDN CPQPJV. 2026-01-27 02:44:00

10.52671/26867591_2026_1_329
УДК 664:637.07

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ СУШКИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА И СОХРАННОСТИ ХУРМЫ

РАШИДОВА Р.А.[1] аспирант
ИСРИГОВА Т.А.[1], д-р с.-х. наук, профессор
САЛМАНОВ М.М. [1], д-р с.-х. наук, профессор
ЛУКИН А.А.[2], канд. техн. наук, доцент
СЕЛИМОВА У.А. [1], канд. с.-х. наук, доцент
МУСАЕВА Н.М. [1], канд. с.-х. наук, доцент
[1]ФГБОУ ВО Дагестанский ГАУ, г. Махачкала
[2]ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет, г. Челябинск

PROSPECTS OF USING MODERN DRYING TECHNOLOGIES TO INCREASE THE QUALITY AND PRESERVATION OF FIGS

RASHIDOVA R.A.[1], postgraduate student
ISRIGOVA T.A.[1], Dr. of Agricultural Sciences, Professor
SALMANOV M.M. [1], Dr. of Agricultural Sciences, Professor
LUKIN A.A.[2], PhD. of Technical Sciences, Associate Professor
SELIMOVA U.A. [1], PhD. of Agricultural Sciences, Associate Professor
MUSAEVA N.M. [1], PhD in Agriculture, Associate Professor
[1] Dagestan State Agrarian University, Makhachkala
[2] South Ural State Agrarian University, Chelyabinsk

Аннотация. В статье рассматриваются современные технологии сушки хурмы, как перспективные методы повышения качества и сохранности плодов. Авторы анализируют особенности хурмы, её ботаническую классификацию, потребительские свойства, а также риски, связанные с употреблением незрелых плодов,

содержащих высокие концентрации танинов. Особое внимание уделено различиям между вяжущими и невяжущими сортами и необходимости специальной обработки для безопасного употребления. В работе систематизированы материалы по традиционным и современным методам сушки, включая дегидратацию и сублимационную сушку. Описаны преимущества и недостатки каждого подхода: традиционные методы отличаются доступностью, но имеют низкую управляемость и могут приводить к потерям питательных веществ, тогда как современные технологии обеспечивают высокое качество продукта, лучшую сохранность витаминов и органолептических свойств, но требуют значительных капитальных вложений. Авторы приходят к выводу, что выбор технологии определяется задачами производителя и требованиями потребителей. Сушёная хурма позиционируется как питательный, удобный для хранения и транспортировки продукт, способствующий сокращению продовольственных потерь и расширению ассортимента сухофруктов. Статья предназначена для специалистов в области пищевой промышленности, агрономии и логистики.

Ключевые слова: хурма, современные технологии сушки, качество, дегидратация, сублимационная сушка, пищевая ценность, органолептические свойства

Abstract. *This article examines modern persimmon drying technologies as promising methods for improving the quality and shelf life of the fruit. The authors analyze the characteristics of persimmons, their botanical classification, consumer properties, and the risks associated with consuming unripe fruits containing high concentrations of tannins. Particular attention is paid to the differences between astringent and non-astringent varieties and the need for special processing for safe consumption. The paper systematizes materials on traditional and modern drying methods, including dehydration and freeze-drying. The advantages and disadvantages of each approach are described: traditional methods are accessible but difficult to manage and can lead to nutrient loss, while modern technologies ensure high product quality, better preservation of vitamins and organoleptic properties, but require significant capital investment. The authors conclude that the choice of technology is determined by the manufacturer's objectives and consumer requirements. Dried persimmons are positioned as a nutritious product, easy to store and transport, helping to reduce food loss and expand the range of dried fruits. The article is intended for specialists in the fields of food industry, agronomy and logistics.*

Keywords: *Persimmon, modern drying technologies, quality, dehydration, freeze-drying, nutritional value, organoleptic properties*

Введение. Хурма является представителем рода *Diospyros*, относящегося к семейству Эбеновые (Ebenaceae). Этот фрукт ценится за свой выраженный сладкий вкус и характерный аромат. В состав рода Diospyros входят несколько видов, такие как D. kaki (хурма обыкновенная), D. virginiana (хурма американская) и D. lotus (хурма кавказская, также известная как финиковая слива). Хурма вида D. kaki, представленная на рис. 1, имеет ряд альтернативных названий: японская, восточная, китайская хурма или каки [2].



Рисунок 1 – Хурма вида D. kaki

Первоначально она произрастала в азиатском регионе, преимущественно в Китае, и была интродуцирована в штат Флорида в 1870-х годах. Ключевыми мировыми производителями хурмы сегодня выступают Китай, Южная Корея, Япония и Испания. Однако в США этот фрукт не достиг такой же степени популярности, как многие другие плоды. Возможными причинами могут служить его относительно ограниченное распространение на рынке или недостаточная информационная поддержка и просвещение потребителей о его свойствах. Тем не менее, в последние годы наблюдается рост интереса к хурме, что позволяет предположить увеличение ее популярности в будущем.

С точки зрения потребительских качеств, хурма разделяется на две основные категории: вяжущие и невяжущие сорта. Вяжущие разновидности обладают свойством вызывать

ощущение сухости и стянутости в ротовой полости, что связано с высоким содержанием танинов — специфических дубильных веществ. Для устранения этой терпкости и безопасного употребления такие плоды должны достичь полной зрелости (стать мягкими) или подвергнуться специальной обработке, как показано на рисунке 2. Невяжущие сорта естественным образом теряют терпкость еще на этапе созревания, поэтому их можно употреблять как в твердом, так и в мягком состоянии [1].

Важно отметить, что незрелые плоды хурмы могут представлять определенный риск при потреблении в значительных количествах из-за повышенной концентрации танинов. Кроме того, они способны формировать в желудочно-кишечном тракте плотные конгломераты, называемые диоспиробезоарами, которые могут блокировать пищеварительную систему и требовать хирургического удаления [9]. Полностью созревшая хурма содержит существенно меньшее количество данных соединений и считается безопасной для питания.



Рисунок 2 – Целый плод (в верхней части) и его поперечный срез (в нижней части) сорта хурмы «Хачия» до начала процесса размягчения (слева) и после его завершения (справа)

Потребление незрелых плодов может провоцировать негативные реакции, включая симптомы отравления: тошноту, рвоту и диарею. Для предотвращения потенциальной токсичности рекомендуется употреблять хурму только после ее полного созревания. Альтернативным методом снижения содержания танинов и профилактики образования безеоаров является удаление кожуры и соответствующая кулинарная обработка плодов [6].

Материалы и методы исследований.

В этой статье были проанализированы основные статьи, использованные для написания этого обзора, которые были найдены в базе данных eLibrary, Scopus, Google Scholar и Web of Science.

Результаты исследования.

Вяжущие сорта хурмы требуют длительного дозревания до состояния полной мягкости, чтобы стать пригодными в пищу, что делает их малопригодными для сушки в принципе. Свежая невяжущая хурма, в свою очередь, отличается высокой скоропортящестью: в зависимости от конкретного сорта она может утратить потребительские качества уже через несколько дней после сбора, что существенно ограничивает возможности её распространения и употребления (рисунок 3).



Рисунок 3 – Размягчение и порча не вяжущего вида плоды хурмы после 4 дней хранения при комнатной температуре

Процесс сушки эффективно решает эту проблему, обеспечивая значительное увеличение сроков годности продукта, его лучшую сохраняемость и минимизацию рисков порчи [3].

Данный метод консервации также приводит к концентрации естественных сахаров, мягкости и характерного аромата плодов, в результате чего получается вкусная и сытная сушёная закуска. При достижении оптимального уровня остаточной влажности в процессе обезвоживания хурма сохраняет не только свои органолептические свойства, но и пищевую ценность, включая витамины, минеральные вещества и пищевые волокна, что превращает её в полезный вариант для перекуса.

С точки зрения логистики сушёная хурма представляет собой более удобный и практичный продукт для длительного хранения и перевозки, особенно в условиях низких температур окружающей среды. Обезвоженные плоды имеют малый вес и значительно меньший объём по сравнению со свежими, что упрощает процессы упаковки, складирования и транспортировки. Это позволяет сократить соответствующие логистические расходы и сводит к минимуму вероятность механических повреждений груза [5].

Кроме того, производство сушёной хурмы вносит вклад в сокращение продовольственных потерь, поскольку даёт возможность переработать излишки сезонного урожая, которые в свежем виде рискуют быть нереализованными. Совокупность этих преимуществ — увеличенный срок хранения, сохранение питательности, удобство транспортировки и уменьшение отходов — позиционирует сушёную хурму как удобный, питательный и экологически ответственный продукт в ассортименте сухофруктов.

Для её получения применяются различные методы, от традиционных способов до современных технологических решений. Среди них наиболее эффективными и широко используемыми для производства продукции высокого качества являются технологии искусственного обезвоживания и сублимационной сушки (рисунок 4).



Рисунок 4 – Сушеная хурма

Традиционные способы удаления влаги из плодов, такие как солнечная и воздушная сушка, отличаются доступностью с экономической точки зрения, поскольку предполагают незначительные вложения в техническое оснащение и практически не наносят ущерба экологии благодаря применению естественных источников энергии. Однако при работе с хурмой данные подходы демонстрируют ряд существенных минусов. Первый из них — высокая трудоёмкость процессов. Независимо от выбора конкретного метода (воздушная, солнечная или сушка над открытым пламенем), для полного испарения влаги могут потребоваться многие дни, а иногда и недели. Подобная продолжительность увеличивает риск порчи сырья и его длительный контакт с загрязнителями из внешней среды. В частности, при размещении на открытом воздухе продукция становится уязвимой для пыли, насекомых, микроорганизмов и иных патогенов, что напрямую влияет на безопасность и потребительские свойства конечного продукта [7].

Ещё одним ограничением выступает прямая зависимость от климатических факторов. Например, эффективность солнечной сушки целиком определяется наличием сухой и ясной погоды, что не может быть гарантировано в регионах с высокой влажностью, частыми осадками или облачностью. Проблемой является также сложность обеспечения стабильных параметров качества. Переменчивость таких условий, как температура, влажность воздуха и интенсивность его движения, часто ведёт к неравномерному протеканию процесса, следствием чего может стать как недостаточное, так и чрезмерное обезвоживание, ухудшающее общие характеристики вяленой хурмы [8].

Традиционные технологии предоставляют крайне мало возможностей для регулирования параметров сушки, что усугубляет проблему неоднородности результата. При использовании открытого огня или печей возникает дополнительный фактор значительного расхода энергоресурсов. Требования к пространству также являются важным практическим соображением: подобные методы нуждаются в обширных открытых площадках, что

создаёт трудности в условиях плотной городской застройки или на территориях с дефицитом свободной земли.

Отдельным существенным недостатком считается снижение пищевой ценности сырья. Продолжительное термическое и ультрафиолетовое воздействие в ходе естественной сушки способно вызывать распад чувствительных нутриентов, в частности витамина С, что уменьшает общую питательность продукта. Таким образом, несмотря на историческую и культурную значимость традиционных методов, современные решения — электросушилки и лиофильная сушка — представляют собой более эффективные и управляемые альтернативы, обеспечивающие лучшую сохранность качества сушёной хурмы [11].

Дегидратация представляет собой технологический процесс целенаправленного удаления влаги из фруктовых тканей посредством испарения воды под воздействием нагретого циркулирующего воздуха. Аппарат для осуществления данного процесса, дегидратор, оснащен нагревательным элементом и системой принудительной вентиляции, обеспечивающей равномерное распределение теплого воздушного потока вокруг размещенных на лотках или решетках фруктовых долек. Интенсивность испарения и отвод образующегося влажного воздуха регулируются с помощью специальных вентиляционных заслонок, что позволяет поддерживать строго контролируемые параметры микроклимата внутри рабочей камеры. Совместное воздействие точно дозированной температуры и направленного воздушного потока обеспечивает быстрое и эффективное удаление влаги, что многократно ускоряет процесс по сравнению с традиционными методами, такими как солнечная сушка [10].

Ключевыми управляемыми параметрами в дегидраторе являются температура и продолжительность обработки. Для большинства фруктов оптимальный температурный диапазон лежит в пределах от 50 °С до 70 °С. Данный режим гарантирует интенсивное испарение влаги без термической деградации клеточной структуры продукта. Время, необходимое для достижения результата, определяется исходной толщиной нарезки и целевым уровнем остаточной влажности. Современные модели дегидраторов осуществляют постоянный мониторинг температуры и скорости воздушного потока, что является залогом равномерности и воспроизводимости результата сушки. Продвинутые аппараты могут быть дополнены таймерами и функцией автоматического отключения по завершении цикла.

Процесс считается завершенным, когда хурма достигает заданного уровня влажности, обычно составляющего от 10% до 20%. После этого обезвоженные дольки извлекают из аппарата и охлаждают до комнатной температуры перед фасовкой и хранением. Выбор конечного процента влаги определяет вариативность текстур готового продукта: от мягкой и пластичной до плотной и кожистой.

Технология дегидратации играет существенную роль в сохранении и концентрировании вкусовых свойств хурмы, однако обладает комплексом специфических достоинств и ограничений. Удаление воды приводит к значительному уменьшению объема и массы плодов, что повышает их транспортабельность и удобство употребления в качестве порционного перекуса. Параллельно происходит трансформация текстуры: плод часто становится мягче и приобретает жевательные свойства, что может как повышать, так и снижать его потребительскую привлекательность в сравнении со свежим фруктом (рисунок 5). К числу практических ограничений метода относятся первоначальные капитальные затраты на приобретение оборудования, а также постоянные эксплуатационные расходы на электроэнергию, что требует экономического обоснования как в малых, так и в промышленных масштабах.

Таким образом, применение технологии обезвоживания предоставляет значительные преимущества для консервации хурмы и повышения удобства ее использования. Для сохранения пищевой ценности и органолептических характеристик продукта данный процесс требует тщательного контроля всех технологических параметров на каждом этапе.



Рисунок 5 – Сравнение текстуры и формы свежих (слева) и ломтики обезвоженной (справа) хурмы

Сублимационная сушка представляет собой метод удаления воды из плодов посредством замораживания и последующей сублимации в условиях низкого давления. Сублимация — это непосредственный переход замороженной воды из твердой фазы в газообразную, минуя жидкое состояние. В сублимационной сушилке ломтики фруктов подвергаются быстрому замораживанию при крайне низких температурах, как правило, около -40 °C [12]. После полного замораживания продукта камера вакуумируется. Снижение давления позволяет льду, находящемуся внутри фруктовой ткани, сублимироваться. Данный процесс удаляет основную часть влаги из хурмы, оставляя обычно менее 7% содержания воды.

Низкотемпературный охлаждающий змеевик внутри вакуумной камеры собирает и конденсирует водяный пар в виде льда, поддерживая низкую влажность в камере и способствуя выходу влаги из плодов. Финальная стадия процесса сублимационной сушки именуется десорбцией. Она заключается в постепенном увеличении температуры вакуумной камеры для облегчения удаления остаточной влаги. На протяжении всего цикла сублимационной сушки критически важно контролировать различные параметры, включая температуру, давление и продолжительность сушки. Правильное управление этими параметрами гарантирует оптимальную эффективность сушки и сохранение качества конечного продукта [13].

Технология сублимационной сушки приобрела популярность как метод консервации плодов хурмы благодаря своим уникальным преимуществам, несмотря на наличие некоторых недостатков. Она особенно хорошо подходит для фруктов, содержащих термочувствительные антиоксидантные соединения, такие как токоферолы, витамин С, каротиноиды и фенольные вещества [4]. Щадящий процесс удаления влаги сохраняет структуру плода, результатом чего является легкий и хрустящий продукт с интенсивным и концентрированным вкусом. В сравнении со свежей или традиционно сушеной хурмой, сублимированный продукт отличается продолжительным сроком хранения, что делает его удобным и доступным вариантом для потребления (рисунок 6).



Рисунок 6 – Сублимированные ломтки хурмы (слева), сублимированные высушенные кусочки пюре (в центре) и обезвоженные ломтики (справа)

К относительным недостаткам можно отнести сравнительно высокую стоимость и энергопотребление оборудования для сублимационной сушки. Тем не менее, данный метод продолжает широко применяться для сохранения плодов хурмы, обеспечивая создание питательных, ароматных и долговечных продуктов, которые можно употреблять в течение всего года. Кроме того, этот метод особенно эффективен для обработки мягкой вяжущей хурмы, которая при комнатной температуре приобретает зрелую и мягкую консистенцию. Из плодов можно изготовить восхитительную хрустящую массу путем измельчения в пюре и последующей сублимационной сушки [5].

Таким образом, технология сублимационной сушки предлагает перспективный способ существенно увеличить потребление хурмы за пределами традиционного сезона ее сбора. Этот метод не только способствует сохранению полезных свойств хурмы, но также повышает ее потребительскую привлекательность и предлагает уникальный и приятный способ включения данного продукта в рацион питания.

Заключение

Сушеная хурма представляет собой питательный и вкусный продукт, который может быть получен посредством сублимационной сушки или метода обезвоживания. Эти технологические процессы направлены на удаление влаги из плодов и обеспечение их длительного хранения, однако оказывают различное воздействие на итоговые характеристики продукта: его качество, структуру и вкусовые свойства.

Сублимационная сушка позволяет сохранить значительную часть питательных элементов, естественный цвет и аромат фрукта, но является более

затратной и продолжительной процедурой по сравнению с обезвоживанием. Метод обезвоживания экономичнее и оперативнее, однако может приводить к таким изменениям, как потемнение плодов, уменьшение содержания витаминов и образование сморщенной поверхности.

Таким образом, выбор технологии обработки определяется конкретными задачами и предпочтениями производителей, а также требованиями конечных потребителей. Сушеные плоды хурмы — универсальный и ценный пищевой продукт, который может употребляться самостоятельно как снек, использоваться в составе десертов или в качестве компонента для консервирования.

Данная работа выполняется в рамках реализации Госзадания МСХ РФ 2026г.

Список литературы

1. Рашидова Р.А., Исригова Т.А., Лукин А.А. Пищевая и биологическая ценность плодов // Проблемы развития АПК региона. – 2025. – № 4(64). – С. 181-191.

2. Kurt A., Kaya E. Medical and Cosmetic Applications of Persimmon (Diospyros Kaki): Toxicity Assessment – A Review // International Journal of Traditional and Complementary Medicine Research. – 2020. – № 1 (3). – P. 162–176.

3. Chandra S., Kumari D. Recent Development in Osmotic Dehydration of Fruit and Vegetables: A Review // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. – 2015. – № 55 (4). – P. 552–561.

4. Dağdeviren A., Acar B., Alhammadi A., Roshanaei K., Coşkun T., İnanç O., Özkaymak M. Freeze-drying of Persimmon (diospyros kaki) Slices Investigation of Drying Characteristics // Journal of Polytechnic. – 2021. – № 26 (2). – P. 487–494.

5. Ma Y., Yi J., Jin X., Li X., Feng S., Bi J. Freezedrying of Fruits and Vegetables in Food Industry: Effects on Phytochemicals and Bioactive Properties Attributes – A Comprehensive Review // Food Reviews International. – 2022. – № 39 (9). – P. 6611–6629.

6. Matheus J.R.V., José de Andrade C., Miyahira R.F., Fai A.E.C. Persimmon (Diospyros kaki L.): Chemical properties, Bioactive Compounds and Potential Use in the Development of New Products – A Review // Food Reviews International. – 2022. – № 38 (4). – P. 384–401.

7. Megías-Pérez R., Gamboa-Santos J., Soria A.C., Villamiel M., Montilla A. Survey of Quality Indicators in Commercial Dehydrated Fruits // Food Chemistry. – 2014. – № 150. – P. 41–48.

8. Murali P., Shams R., Dar A.H. Insights on Nutritional Profile, Nutraceutical Components, Pharmacological Potential, and Trending Utilization of Persimmon Cultivars: A Review // Food Chemistry Advances. – 2023. – № 3. – P. 100431.

9. Padilha de Toledo A., Hurtado Rodrigues F., Rodrigues M., Tiemi D., Nonose R., Nascimento E.F., Martinez C.A.R. Diospyrobezoar as a Cause of Small Bowel Obstruction // Case Reports in Gastroenterology. – 2012. – № 6 (3). – P. 596–603.

10. Sagar V. R., Suresh Kumar P. Recent Advances in Drying and Dehydration of Fruits and Vegetables: A Review // Food Science and Biotechnology. – 2010. – № 47. – P. 15–26.

11. Sarkhosh A., Andersen P.C., Huff D.M. Japanese Persimmon Cultivars in Florida: SP101/MG242, rev. 2/2020 // EDIS. 2020 (1).

12. Sarkhosh A., Habibi F., Sargent S.A. Freeze-dried Muscadine Grape: A New Product for Health-conscious Consumers and the Food Industry: HS1468, 7/2023 // EDIS. 2023 (4).

13. Serna-Cock L., Vargas-Muñoz D.P., Aponte A.A. Structural, Physical, Functional and Nutraceuti-cal Changes of Freeze-dried Fruit // African Journal of Biotechnology. – 2015. – № 14 (6). – P. 442–450.

14. Vilhena N.Q., Gil R., Llorca E., Moraga G., Salvador A. “Physico-Chemical and Microstructural Changes during the Drying of Persimmon Fruit cv. Rojo Brillante Harvested in Two Maturity Stages // Foods. – 2020. – № 9 (7). – P. 870.

15. Wang R., Shi X., Li K., Bunker A., Li C. Activity and Potential Mechanisms of Action of Persimmon tannins according to Their Structures: A Review // International Journal of Biological Macromolecules. – 2023. – № 242 (3). – P. 125120.

References

1. Rashidova R.A., Isrigova T.A., Lukin A.A. Food and biological value of fruits // Problems of development of the regional agro-industrial complex. – 2025. – № 4 (64). – P. 181-191.

2. Kurt A., Kaya E. Medical and Cosmetic Applications of Persimmon (Diospyros Kaki): Toxicity Assessment – A Review // International Journal of Traditional and Complementary Medicine Research. – 2020. – № 1 (3). – P. 162–176.

3. Chandra S., Kumari D. Recent Development in Osmotic Dehydration of Fruit and Vegetables: A Review // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. – 2015. – № 55 (4). – P. 552–561.

4. Dağdeviren A., Acar B., Alhammadi A., Roshanaei K., Coşkun T., İnanç O., Özkaymak M. Freeze-drying of Persimmon (diospyros kaki) Slices Investigation of Drying Characteristics // Journal of Polytechnic. – 2021. – № 26 (2). – P. 487–494.

5. Ma Y., Yi J., Jin X., Li X., Feng S., Bi J. Freezedrying of Fruits and Vegetables in Food Industry: Effects on

Phytochemicals and Bioactive Properties Attributes – A Comprehensive Review // Food Reviews International. – 2022. – № 39 (9). – P. 6611–6629.

6. Matheus J.R.V., José de Andrade C., Miyahira R.F., Fai A.E.C. Persimmon (Diospyros kaki L.): Chemical properties, Bioactive Compounds and Potential Use in the Development of New Products – A Review // Food Reviews International. – 2022. – № 38 (4). – P. 384–401.

7. Megías-Pérez R., Gamboa-Santos J., Soria A.C., Villamiel M., Montilla A. Survey of Quality Indicators in Commercial Dehydrated Fruits // Food Chemistry. – 2014. – № 150. – P. 41–48.

8. Murali P., Shams R., Dar A.H. Insights on Nutritional Profile, Nutraceutical Components, Pharmacological Potential, and Trending Utilization of Persimmon Cultivars: A Review // Food Chemistry Advances. – 2023. – № 3. – P. 100431.

9. Padilha de Toledo A., Hurtado Rodrigues F., Rodrigues M., Tiemi D., Nonose R., Nascimento E.F., Martinez C.A.R. Diospyrobezoar as a Cause of Small Bowel Obstruction // Case Reports in Gastroenterology. – 2012. – № 6 (3). – P. 596–603.

10. Sagar V. R., Suresh Kumar P. Recent Advances in Drying and Dehydration of Fruits and Vegetables: A Review // Food Science and Biotechnology. – 2010. – № 47. – P. 15–26.

11. Sarkhosh A., Andersen P.C., Huff D.M. Japanese Persimmon Cultivars in Florida: SP101/MG242, rev. 2/2020 // EDIS. 2020 (1).

12. Sarkhosh A., Habibi F., Sargent S.A. Freeze-dried Muscadine Grape: A New Product for Health-conscious Consumers and the Food Industry: HS1468, 7/2023 // EDIS. 2023 (4).

13. Serna-Cock L., Vargas-Muñoz D.P., Aponte A.A. Structural, Physical, Functional and Nutraceuti-cal Changes of Freeze-dried Fruit // African Journal of Biotechnology. – 2015. – № 14 (6). – P. 442–450.

14. Vilhena N.Q., Gil R., Llorca E., Moraga G., Salvador A. "Physico-Chemical and Microstructural Changes during the Drying of Persimmon Fruit cv. Rojo Brillante Harvested in Two Maturity Stages // Foods. – 2020. – № 9 (7). – P. 870.

15. Wang R., Shi X., Li K., Bunker A., Li C. Activity and Potential Mechanisms of Action of Persimmon tannins according to Their Structures: A Review // International Journal of Biological Macromolecules. – 2023. – № 242 (3). – P. 125120.

10.52671/26867591_2026_1_336
УДК 634.11:631.526.32:631.563

ВЛИЯНИЕ ПОСЛЕУБОРОЧНЫХ ОБРАБОТОК ЯБЛОК НА ТРАНСПИРАЦИЮ И ПОВЕРХНОСТНЫЙ ЗАГАР ВО ВРЕМЯ ХРАНЕНИЯ

РОДИКОВ С.А.[1,2], д-р техн. наук, вед. науч. сотрудник
БОЛДЫРЕВ Д.О.[2], аспирант
[1]Федеральный научный центр им. И.В. Мичурина, г. Мичуринск, Россия
[2]Мичуринский государственный аграрный университет, г. Мичуринск, Россия

EFFECT OF POST-HARVEST TREATMENTS OF APPLES ON TRANSPIRATION AND SUPERFICIAL SCALD DURING STORAGE

RODIKOV S.A.[1,2], Doctor of Engineering Sciences, Leading Researcher
BOLDYREV D.O.[2], postgraduate Student
[1]I.V. Michurin Federal Research Center, Michurinsk, Russia
[2]Michurinsk State Agrarian University, Michurinsk, Russia

Аннотация. В данной статье представлены результаты исследований по послеуборочной обработке яблок сорта Антоновка обыкновенная и интенсивности их транспирации. Критически рассмотрены современные представления о природе загара яблок во время хранения. Отмечается, что измерения продуктов окисления производят тогда, когда симптомы загара или видимый загар уже проявились, и таким образом также правомерно рассматривать образование продуктов окисления не как причину загара, а как следствие. Во время съема транспирация яблок была в среднем 0,270 г%/ в сутки. Во время хранения при температуре 3-4ºС транспирация снизилась в 5-6 раз. Плоды перед закладкой на хранение были обработаны теплом, ультрафиолетовым излучением, водой, белым, синим и красным светом продолжительностью 30 минут в день в течение 5 дней. Также плоды были обработаны дифениламином (ДФА) аэрозолью в течение 5-7 с в концентрации 0,5%. Показано, что интенсивность загара яблок во время хранения снижается со 100% до нуля в зависимости от срока съема. Кроме того, наблюдаются периодические процессы в развитии загара. Транспирация после небольшого подъема в середине октября снижается в середине ноября и далее повышается в середине января. Доля влияния транспирации яблок на развитие загара составляет 90%.

Цель данной статьи – оценить влияние транспирации яблок на их загар во время хранения.

Ключевые слова: яблоки, послеуборочные обработки, хранение, транспирация, загар.

Abstract. *This article presents the results of a study on the postharvest treatment of Antonovka Obyknovennaya apples and their transpiration rate. Current understanding of the nature of apple scald during storage is critically examined. It is noted that oxidation product measurements are performed after symptoms of scald or visible scald have already appeared, and thus it is also legitimate to consider the formation of oxidation products not as a cause of scald, but as a consequence. At harvest, apple transpiration averaged 0.270 g/day. During storage at 3-4°C, transpiration decreased by 5-6 times. Before storage, the fruits were treated with heat, ultraviolet radiation, water, white, blue, and red light for 30 minutes per day for 5 days. The fruits were also treated with diphenylamine (DPA) aerosol for 5-7 seconds at a concentration of 0.5%. It has been shown that apple scald intensity decreases from 100% to zero during storage, depending on the harvest date. Furthermore, periodic processes in scald development are observed. After a slight increase in mid-October, transpiration declines in mid-November and then increases in mid-January. Apple transpiration accounts for 90% of the influence on scald development.*

The purpose of this article is to evaluate the impact of apple transpiration on scald during storage.

Keywords*: apples, postharvest treatments, storage, transpiration, scald.*

Введение. Одной из основных проблем хранения яблок является их поверхностный загар, развивающийся на кожице большинства яблок. Поверхностный загар возникает на кожице яблок через несколько месяцев хранения в виде бурых пятен в зависимости от сорта в результате физиологического расстройства, которое связано с преждевременным съемом яблок в саду. Ранее нами было установлено, что загар на поверхности зеленых яблок развивается исключительно на теневой стороне [1, 2]. В шестидесятых годах прошлого столетия австралийскими учеными была выдвинута гипотеза, что причиной загара является окисление α-фарнезена [3-5], продукты которого воздействуют на кожицу, вызывая некроз, однако до сих пор о природе загара существуют противоречивые мнения. Показано, что нет никакой разницы в α-фарнезене между покрасневшей и затененной кожицей, продукты окисления α-фарнезена значительно увеличились в затененной кожице вместе с развитием загара после 3 месяцев хранения [6]. Нами проведены исследования во время созревания яблок по измерению α-фарнезена на солнечной и теневой сторонах яблока, которые показали практически одинаковые значения содержания α-фарнезена [7 с. 115]. Так же нет объяснения тому, почему α-фарнезен в процессе хранения уже через месяц начинает окисляться. Имеются исследования, результаты которых «не позволяют рассматривать накопление продуктов окисления α-фарнезена в кутикулярных липидах как непосредственную причину развития загара» [8]. Следует отметить, что измерения продуктов окисления производят тогда, когда симптомы загара или видимый загар уже проявились, и таким образом также правомерно рассматривать образование продуктов окисления не как причину загара, а как следствие.

Загар эффективно ингибируется синтетическим антиоксидантом дифениламином (ДФА) [9-12]. Дифениламин также ингибировал общее содержание фенольных соединений в яблоках [13]. Оценивали влияние обработок дифениламином при сборе урожая на созревание плодов и на накопление α-фарнезена и продуктов его окисления в гексановых экстрактах кожицы на протяжении всего периода хранения [14].

Перед закладкой яблок на хранение их практически не обрабатывают ни ультрафиолетом, ни светом видимого спектра, хотя имеются работы, в которых описывается влияние ультрафиолетового и инфракрасного облучения на сохранность яблок [19, 20], также обработка яблок синим светом, где «перед закладкой на хранение плоды яблок облучали монохроматическим светом с длиной волны 440-470 нм в течение 10-15 мин, а перед выгрузкой из хранилища (для реализации) плоды дополнительно облучали со всех сторон в течение 5-10 мин с таким расчетом, чтобы на поверхности яблок освещенность была не менее 30 лк. После хранения яблок сорта «Грузинский синап» в контрольных вариантах побурели 30% плодов, в опытных – 1-2%» [21].

Объекты и методы исследований

Исследованы яблоки сорта Антоновка обыкновенная, произрастающие в районе г. Мичуринска, Тамбовской области. Этот сорт наиболее интересен для изучения сроков съема яблок в саду, так как яблоки имеют достаточный для изучения период созревания, две-три недели, а также раннее развитие загара во время хранения, в ноябре-декабре загар наблюдается примерно у 70% яблок. Загар достаточно интенсивный и проявляется каждый год. Яблоки снимают в саду во время созревания в 2023 г. Для оценки яблок на загар съем в саду проводили в основном ежедневно с 18 августа по 13 сентября в количестве 10 шт.

Исследование по влиянию послеуборочных обработок на транспирацию проводили с плодами срока съема 6 сентября 2023 года. Плоды были обработаны теплом окружающей атмосферы улицы, 15-20ºС, ультрафиолетовым излучением от лампы в диапазоне 350-390 нм и полосами: 418 нм, 448 нм, 555 нм, прохладной водой 15-20ºС, белым (400-700 нм), синим (450-470 нм) и красным (640-660 нм) светом продолжительностью 30 минут в день в течение 5 дней. Также плоды были обработаны дифениламином (ДФА) аэрозолью в течение 5-7 с в концентрации 0,5%, и контроль – без обработки.

Анализ яблок на загар, гниль, мокрый ожог, разложение и другие заболевания проводят в декабре, январе, а при необходимости и в феврале. В основе оценки плодов на товарное качество лежит методика [15]. В последние годы она была усовершенствована. Для анализа плодов на степень поражения загаром предложены следующие градации: $^1/_{16}$ % поражения поверхности – следы загара, $^1/_8$ % – поражение загаром на $^1/_8$ поверхности, и далее ¼, ½, ¾, и 100% поверхности плодов. Эта методика позволяет более

точно оценить плоды на степень поражения загаром. Пересчет загара в количественном отношении и по интенсивности показан в методике [15]. Следует отметить, что здесь не учитывается отсутствие загара на солнечной стороне [1, 2] и плоды оцениваются в лучшем случае как ½ поражения загаром, а не 100%.

Результаты исследований

Исходя из литературы, работ по транспирации яблок, связанных с загаром, в последнее время практически не существует. В нашей методологии, одним из важнейших показателей физиологического состояния яблок на организменном уровне является водный обмен растения с внешней средой. Водный обмен оценивается при помощи транспирации яблок. Есть транспирация яблок, находящихся на дереве и имеющих неразрывную связь с материнским растением, а есть транспирация яблок, оторванных от дерева. В данном случае проведены исследования по транспирации после съема и в период хранения.

Во время съема транспирация яблок была в среднем 0,270 г%/ в сутки. Во время хранения при температуре 3-4ºС транспирация снизилась в 5-6 раз. На рисунке 1 показано изменение транспирации яблок сорта Антоновка обыкновенная во время хранения обработанных перед хранением разными способами. Из рисунка видно, что транспирация после небольшого подъема в середине октября снижается в середине ноября и далее повышается в середине января.

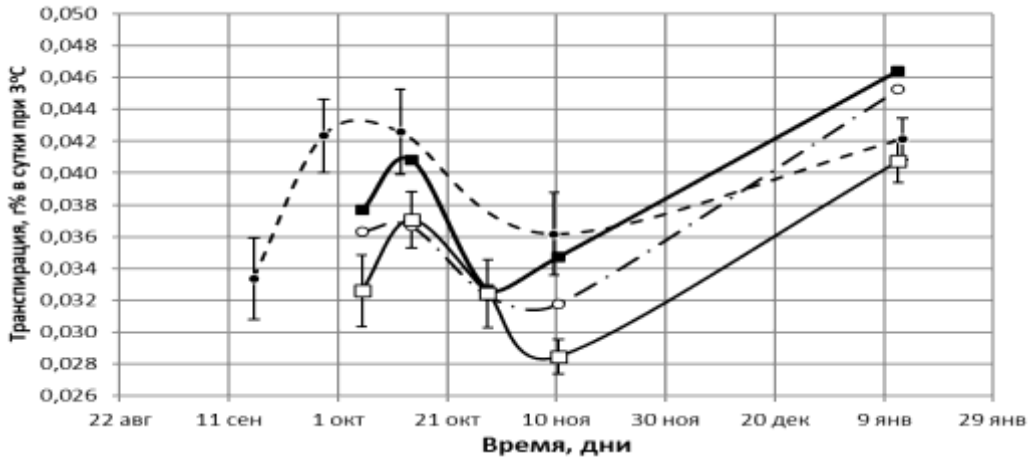


Рисунок 1 – Изменение транспирации яблок сорта Антоновка обыкновенная во время хранения обработанных перед хранением разными способами. Дата съема 6 сентября 2023 г. Сплошная толстая линия – контроль, штриховая верхняя – обработка ДФА, штриховая средняя – обработка синим светом, сплошная тонкая – обработка красным светом

На рисунке 2 показано изменение загара яблок сорта Антоновка обыкновенная во время хранения в зависимости от срока съема в саду. Видно, что интенсивность загара яблок в процессе созревания в саду снижается со 100% до нуля в течение трех недель. Кроме того, наблюдаются периодические процессы в развитии загара. Это видно по колебаниям фактического изменения загара около средней линии. Явления эндогенной периодичности различных физиологических показателей повторяются практически каждый год, что определяется, прежде всего, их собственными «внутренними» причинами и проявляет себя в виде процессов, состоящих из периодических, апериодических и переходных компонентов [16].

Кроме загара несколько яблок были подвержены гнили: 25 августа одно яблоко и разложению: 7 сентября два яблока.

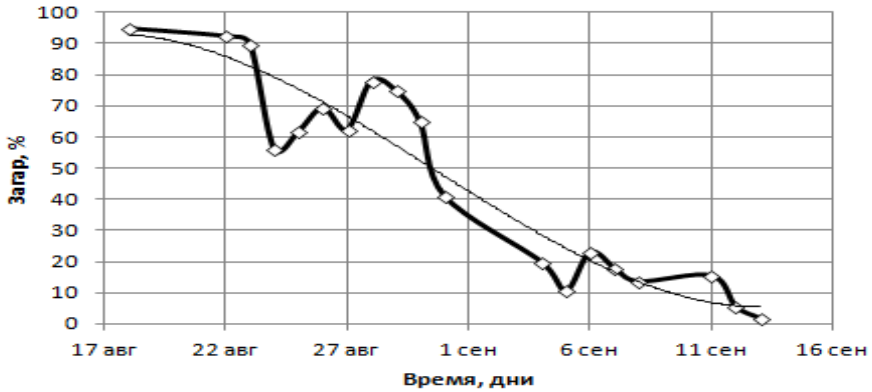


Рисунок 2 – Изменение загара яблок сорта Антоновка обыкновенная во время хранения в зависимости от срока съема в саду. Дата анализа 12 января 2024 г.

Известно, что тепловая обработка перед хранением может задержать созревание яблок сорта «Гала» и «Голден Делишес» и сохранить их качество при хранении. Тепловая обработка значительно снизила выделение этилена, уменьшила размягчение ткани яблок во время хранения в холодильнике и уменьшила утечку мембранного электролита после хранения [17].

Ранее была проведена обработка яблок теплом после съема с учетом оптимального срока съема по минимальному содержанию хлорофилла. Результаты показали, что загара на яблоках не было, в то время как в контроле было 25% яблок с загаром [18].

Показано, что количество естественной микрофлоры было выше в ломтиках яблок, подвергнутых УФ-С облучению, чем в образцах, обработанных УФ-С облучением, на протяжении всего периода хранения [22].

В таблице показано изменение транспирации и загара яблок во время хранения. Анализ на транспирацию проводили 14 октября 2023 г., анализ на загар: 20 декабря 2023 г. Из таблицы видно, что загар был максимален у плодов, обработанных ДФА (0%) и УФ (5,6%), чуть больше был у контроля (8,8%). У остальных вариантов, имеющих меньшую транспирацию, загар яблок был в пределах 20-34%.

Исходя из зависимости, показанной на рисунке 3, при 100% поражении загаром транспирация яблок может составлять в данном случае, при данных обработках величины 0,026 г%/ в сутки и при нулевом поражении – 0,043 г%/ в сутки. Из рисунка видно, что доля влияния транспирации яблок на развитие загара составляет 90%.

Таблица – Изменение транспирации и загара яблок во время хранения

Вариант	Транспирация, мг%	Загар, %
Контроль	0,0408	8,8
Обработка теплом	0,0399	23,6
Обработка УФ	0,0425	5,6
Обработка водой	0,0388	20,6
Обработка белым светом	0,0385	30,6
Обработка синим светом	0,0367	33,8
Обработка красным светом	0,0371	33,8
Обработка ДФА 0,5%	0,0420	0,0

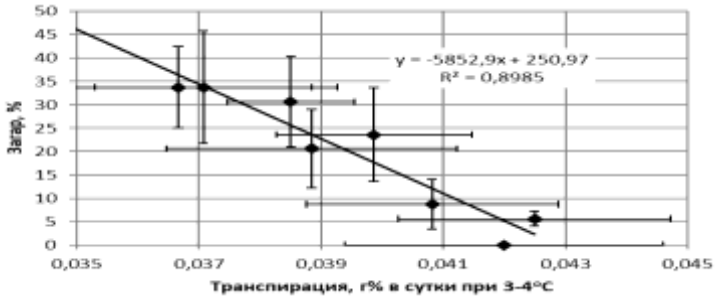


Рисунок 3 – Зависимость загара яблок сорта Антоновка обыкновенная от транспирации яблок во время хранения

Выводы

1. Показано, что послеуборочная обработка яблок теплом, ультрафиолетовым излучением, водой, дифениламином, белым, синим и красным светом влияет на их транспирацию в первые месяцы хранения.

2. Подтверждены периодические процессы в изменении транспирации яблок во время хранения.

3. Показана зависимость развития загара яблок во время хранения от сроков съема: она меняется от полностью пораженных яблок при ранних сроках съема до полностью здоровых в более поздние сроки съема.

4. Установлена зависимость загара яблок во время хранения от их транспирации после послеуборочных обработок, где доля влияния транспирации яблок на развитие загара составляет 90%.

Список литературы

1. Родиков С.А. Экспресс-диагностика зрелости яблок // Садоводство и виноградарство. – № 1. – 2001. – С. 9-12.

2. Родиков С.А. Явление избирательного воздействия солнечного излучения на развитие побурения поверхностной ткани яблока // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2012. – № 1-1. – С. 217-221.

3. Huelin F.E., Murray K.E. α-Farnesene in the natural coating of apples. – 1966. – Nature 210(5042). – 1260–1261. doi:http://dx.doi.org/10.1038/2101260a0.

4. Huelin F.E., Coggiola I.M. Superficial scald, a functional disorder of stored apples VII. Effect of applied α-farnesene, temperature and diphenylamine on scald and the concentration and oxidation of α-farnesene in the fruit // J.Sci. Food Agric. – 1970. – 21(11). – P. 584–589. doi:http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.2740211111.

5. Anet E.F.L.J. Superficial scald, a functional disorder of stored apples. IX.Effect of maturity and ventilation. J. Sci. Food Agric. – 1972. – 23(6). – P.763–769. doi:http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.2740230610.

6. Zhao J., Xie X., Shen X., Wang Y. Effect of sunlight-exposure on antioxidants and antioxidant enzyme activities in «d'Anjou» pear in relation to .superficial scald development Food Chemistry. – 210 – 2016. – P.18–25. doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.04.045

7. Родиков С.А. Методы и устройства анализа зрелости яблок. – М.: ФИЗМАТЛИТ. – 2009. – 216 с.

8. Чивкунова, О.Б. Мерзляк М.Н., Пономарева Н.П., Гудковский В.А. Кутикулярные липиды, фарнезен, продукты его окисления и развитие загара в плодах яблонь // Прикладная биохимия и микробиология. – 1997. – № 33. – С. 439–444.

9. Anet E.F.L.J. Superficial scald, a functional disorder of stored apples. XI. Apple antioxidants // J Sci Food Agr. – 1974. – 25. – P.299-304. doi:10.1002/jsfa.2740250310.

10. Meir S., Bramlage W.J. Antioxidant activity in 'Cortland' apple peel and susceptibility to superficial scald after storage // J Am Soc Hortic Sci 113. – 1988. – P.412-418.

11. Duvenage A. J., Swardt G. H. De. Superficial Scald on Apples: The Effect of Maturity and Diphenylamine on the Flavonoid Content in the Skin of two Cultivars // – 1973. – Z. Pjlanzenphysiol. Bd. – 70. – S. 222-234.

12. Padfield C. A. S., Clark P. J. Further Investigations of a Method of Controlling Apple Scald with Diphenylamine Emulaions // N.Z.J. agric. Res. – 1963. – 6. P. 409-415.

13. Duvenage A. J., De Swardt G. H. Superficial Scald on Apples: The Effect of Maturity and Diphenylamine on the Flavonoid Content in the Skin of two Cultivars // 1973. – Z. Pjlanzenphysiol. Bd. – 70. – S. 222-234.

14. Thair F. Alwan, Christopher B. Watkins Intermittent warming effects on superficial scald development of «Cortland», «Delicious» and «Law Rome» apple fruit. // Postharvest Biology and Technology. – 1999. – 16. – P. 203–212.

15. Родиков С.А. Оценка степени загара яблок при хранении // Хранение и переработка сельхозсырья. – № 9. – 2003. – С. 69-70.

16. Rodikov S.A. Endogenous periodic activity of apples when ripening // Eco. Env. & Cons. 21 (Suppl.). – 2015. – pp. (AS27-AS30).

17. Shao X. F., Tu K., Zhao Y. Z., Chen L., Chen Y. Y., Wang H. Effects of pre-storage heat treatment on fruit ripening and decay development in different apple cultivars // The Journal of Horticultural Science and Biotechnology. – 2007. – 82:2. – P.297-303. http://dx.doi.org/10.1080/14620316.2007.11512232.

18. Родиков С.А. Обработка яблок теплом после съема в саду перед хранением // Доклады РАСХН. – 2014. – № 6. – С. 55-56.

19. Дубров А.П. Генетические и физиологические эффекты действия ультрафиолетовой радиации на высшие растения // Наука. –1968. – 250 с.

20. Хаким К. Влияние ультрафиолетового и инфракрасного облучения на сохранность яблок: автореф. дис. …канд. с.-х. наук. – Ленинград – Пушкино: 1988. – 16 с.

21. А.с. 491345, СССР, МПК A01F25/00 A23B7/00. Способ предохранения плодов яблок от загара и побурения в процессе хранения / Г. Г. Киреулишвили. – № 2000149, Заяв. 25.02.1974; Опубл. 15.11.1975.

22. Gómez P.L., Alzamora S.M., Castro M.A., Salvatori D.M. Effect of ultraviolet-C light dose on quality of cut-apple: Microorganism, color and compression behavior // Journal of Food Engineering 98 (2010) 60–70. doi:10.1016/j.jfoodeng.2009.12.008.

References

1. Rodikov S.A. Express diagnostics of apple maturity // Horticulture and viticulture. - No. 1. - 2001. - P. 9-12.

2. Rodikov S.A. The phenomenon of selective effect of solar radiation on the development of browning of the surface tissue of apples // Bulletin of Michurinsk State Agrarian University. - 2012. - No. 1-1. - P. 217-221.

3. Huelin F.E., Murray K.E. α-Farnesene in the natural coating of apples. - 1966. - Nature 210 (5042). - 1260–1261. doi: http://dx.doi.org/10.1038/2101260a0.

4. Huelin F.E., Coggiola I.M. Superficial scald, a functional disorder of stored apples VII. Effect of applied α-farnesene, temperature and diphenylamine on scald and the concentration and oxidation of α-farnesene in the fruit // J.Sci. Food Agric. – 1970. – 21(11). – P. 584–589. doi:http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.2740211111.

5. Anet E.F.L.J. Superficial scald, a functional disorder of stored apples. IX.Effect of maturity and ventilation. J. Sci. Food Agric. – 1972. – 23(6). – P.763–769. doi:http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.2740230610.

6. Zhao J., Xie X., Shen X., Wang Y. Effect of sunlight exposure on antioxidants and antioxidant enzyme activities in «d'Anjou» pear in relation to superficial scald development. Food Chemistry. – 210 – 2016. – P.18–25. doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.04.045

7. Rodikov S.A. Methods and devices for apple maturity analysis. – Moscow: FIZMATLIT. – 2009. – 216 p.

8. Chivkunova, O.B. Merzlyak M.N., Ponomareva N.P., Gudkovsky V.A. Cuticular lipids, farnesene, its oxidation

products, and sunburn development in apple fruits // Applied Biochemistry and Microbiology. – 1997. – No. 33. – P. 439–444.

9. Anet E.F.L.J. Superficial scald, a functional disorder of stored apples. XI. Apple antioxidants // J Sci Food Agr. – 1974. – 25. – P.299-304. doi:10.1002/jsfa.2740250310.

10. Meir S., Bramlage W.J. Antioxidant activity in 'Cortland' apple peel and susceptibility to superficial scald after storage // J Am Soc Hortic Sci 113. – 1988. – P.412-418.

11. Duvenage A. J., Swardt G. H. De. Superficial Scald on Apples: The Effect of Maturity and Diphenylamine on the Flavonoid Content in the Skin of two Cultivars // – 1973. – Z. Pjlanzenphysiol. Bd. – 70. – S. 222-234.

12. Padfield C. A. S., Clark P. J. Further Investigations of a Method of Controlling Apple Scald with Diphenylamine Emulaions // N.Z.J. agric. Res. – 1963. – 6. P. 409-415.

13. Duvenage A. J., De Swardt G. H. Superficial Scald on Apples: The Effect of Maturity and Diphenylamine on the Flavonoid Content in the Skin of two Cultivars // 1973. – Z. Pjlanzenphysiol. Bd. – 70. – S. 222-234.

14. Thair F. Alwan, Christopher B. Watkins. Intermittent warming effects on superficial scald development of 'Cortland', 'Delicious', and 'Law Rome' apple fruit. Postharvest Biology and Technology. 1999, 16, pp. 203–212.

15. Rodikov S. A. Evaluation of the degree of apple tanning during storage. Storage and processing of agricultural raw materials. No. 9, 2003, pp. 69–70.

16. Rodikov S. A. Endogenous periodic activity of apples when ripening. Eco. Env. & Cons. 21 (Suppl.). 2015, pp. (AS27–AS30).

17. Shao X. F., Tu K., Zhao Y. Z., Chen L., Chen Y. Y., Wang H. Effects of pre-storage heat treatment on fruit ripening and decay development in different apple cultivars // The Journal of Horticultural Science and Biotechnology. - 2007. - 82:2. - P. 297-303. http://dx.doi.org/10.1080/14620316.2007.11512232.

18. Rodikov S. A. Heat treatment of apples after harvesting in the orchard before storage // Reports of the Russian Academy of Agricultural Sciences. - 2014. - No. 6. - P. 55-56.

19. Dubrov A. P. Genetic and physiological effects of ultraviolet radiation on higher plants // Science. - 1968. - 250 p.

20. Khakim K. Effect of Ultraviolet and Infrared Irradiation on the Preservation of Apples: Abstract of Cand. Sci. (Agricultural Sciences). – Leningrad – Pushkino: 1988. – 16 p.

21. A.s. 491345, USSR, IPC A01F25/00 A23B7/00. Method for Preserving Apple Fruits from Sunburn and Browning During Storage / G. G. Kireulishvili. – No. 2000149, Appl. 25.02.1974; Published 15.11.1975.

22. Gómez P.L., Alzamora S.M., Castro M.A., Salvatori D.M. Effect of ultraviolet-C light dose on quality of cut-apple: Microorganism, color and compression behavior // Journal of Food Engineering 98 (2010) 60–70. doi:10.1016/j.jfoodeng.2009.12.008.

10.52671/26867591_2026_1_341
УДК 664.8.036.26

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ КОНСЕРВИРОВАННОГО КОМПОТА ИЗ ЯБЛОК С ПРИМЕНЕНИЕМ ИМПУЛЬСНО-ПАРОВОЙ БЛАНШИРОВКИ ПЛОДОВ В БАНКАХ 1-82-500 И СТЕРИЛИЗАЦИИ В АППАРАТАХ ОТКРЫТОГО ТИПА

СУЛЕЙМАНОВА З.Г. [1], преподаватель
АХМЕДОВ М.Э. [1], д-р техн. наук, профессор
ДЕМИРОВА А.Ф. [1], д-р техн. наук, профессор
ИСРИГОВА Т.А.[2], д-р с.-х. наук, профессор
СЕЛИМОВА У.А. [1], канд. с.-х. наук, доцент
[1]ФГБОУ ВО Дагестанский государственный технический университет, г. Махачкала, Россия
[2]ФГБОУ ВО Дагестанский ГАУ, г. Махачкала, Россия

IMPROVEMENT OF THE TECHNOLOGY OF CANNED APPLE COMPOTE PRODUCTION USING IMPULSE-STEAM BLANCHING OF FRUITS IN JARS 1-82-500 AND STERILIZATION IN OPEN-TYPE UNITS

SULEYMANOVA Z.G. [1], lecturer
DEMIROVA A. F. [1], Doctor of Technical Sciences, Professor
AKHMEDOV M. E. [1], Doctor of Technical Sciences, Professor
ISRIGOVA T.A.[2], Doctor of Agricultural Sciences, Professor
SELIMOVA U.A. [1], PhD. of Agricultural Sciences, Associate Professor
[1]Dagestan State Technical University, Makhachkala, Russia
[2]Dagestan State Agrarian University, Makhachkala, Russia

Аннотация. Консервированные продукты длительного хранения играют важную роль, как в круглогодичном сбалансированном питания населения, так и обеспечении продовольственной безопасности

страны, основным способом производства которых является тепловая стерилизация, для которой характерны ряд существенных недостатков, влияющих как на пищевую ценность, так и на конкурентоспособность готовой продукции.

Целью представленной работы являлось усовершенствование технологии компота из яблок с использованием импульсно-паровой бланшировки плодов в банах и высокотемпературной стерилизации в потоке нагретого воздуха с последующим охлаждением атмосферным воздухом.

Изучен традиционный режим стерилизации компота из яблок в стеклобанках 1-82-500 и выявлены характерные для него недостатки. С учетом недостатков традиционной технологии, предложен новый способ тепловой стерилизации с импульсно-паровой обработкой плодов в банках перегретым паром в течение 100 с и горячим воздухом температурой 140-150°С и скоростью 5,0-6,0 м/с в течение 1,5 мин, с последующей заливкой в банки сиропа температурой 98-100°С и стерилизацией в аппарате открытого типа по двухуровневому высокотемпературному ускоренному режиму.

Применение импульсно-паровой обработки плодов с последующей обработкой горячим воздухом способствуют сокращению продолжительности режима стерилизации на 23 мин и повышение пищевой ценности: содержание витамина С в компоте, стерилизованном по новому режиму на 2,1 мг/% выше, чем в компоте, стерилизованном по традиционному режиму.

Ключевые слова: компот яблочный, стерилизация, пищевая ценность, режим стерилизации, технология.

Abstract. *Canned products of long-term storage play an important role, both in year-round balanced nutrition of the population, and in ensuring food security of the country, the main method of production of which is thermal sterilization, which is characterized by a number of significant shortcomings, affecting both the nutritional value and the competitiveness of finished products. The purpose of the presented work was to improve the technology of apple compote using pulse-steam blanching of fruits in cans and high-temperature sterilization in a heated air flow, followed by cooling with atmospheric air.*

The traditional mode of sterilization of apple compote in glass jars 1-82-500 has been studied, and its characteristic drawbacks have been identified. Taking into account the drawbacks of the traditional technology, a new method of thermal sterilization has been proposed, which involves pulse-steam treatment of the fruits in jars with superheated steam for 100 seconds and hot air at a temperature of 140-150°C and a speed of 5.0-6.0 m/s for 1.5 minutes, followed by filling the jars with syrup at a temperature of 98-100°C.C and sterilization in an open-type apparatus using a two-level high-temperature accelerated mode. The use of pulse-steam treatment of fruits followed by hot air treatment reduces the duration of the sterilization mode by 23 minutes and increases the nutritional value: the vitamin C content in the compote sterilized using the new mode is 2.1 mg/% higher than in the compote sterilized using the traditional mode.

Keywords: *apple compote, sterilization, nutritional value, sterilization mode, technology.*

Введение. Продукты длительного хранения играют важную роль, как в круглогодичном сбалансированном питания населения, так и в обеспечении продовольственной безопасности страны. И основным способом их производства является тепловая стерилизация [1-15], которую осуществляют по определенным режимам в аппаратах, работающих под избыточным давлением – автоклавах, имеющих ряд существенных недостатков, заключающиеся как в громоздкости конструкции и большой продолжительности тепловой обработки, так и значительных затратах энергии и воды.

Одним из наиболее эффективных способов совершенствования процесса стерилизации является повышение начальной температуры консервируемой продукции перед стерилизацией с использованием различных тепловых и физических процессов [11,12], который наряду с интенсификацией процесса стерилизации и сокращения продолжительности тепловой обработки, также способствует обеспечении относительной равномерности тепловой обработки продукта, находящегося в различных точках банки, итогом которого является повышение пищевой ценности готовой продукции.

Целью исследований явилось усовершенствование технологии компота из яблок с использованием импульсно-паровой бланшировки плодов в банах и высокотемпературной стерилизации в потоке нагретого воздуха с охлаждением атмосферным воздухом.

Объекты и методы исследования. Объектами исследований явились режим стерилизации и технология производства компота из яблок в стеклобанках 1-82-500. Режимы стерилизации по традиционной и усовершенствованной технологиям осуществляли на основе параметров температуры в наименее и наименее нагреваемых областях банки, измеряемых самопишущим потенциометром КСП-4. Импульсно-паровую обработку плодов в банках осуществляли на экспериментальной установке, снабженной парогенератором.

Результаты исследований. Для выявления характерных для традиционного стерилизационного режима недостатков нами исследован традиционный режим стерилизации.

Динамики изменения температуры (1,2) и вымирания микроорганизмов (3,4) в слоях компота яблочного в стеклотаре 1-82-500 с интенсивным (1,3) и слабым (2,4) при стерилизации по традиционному режиму стерилизации $\frac{20-25-20}{100} \cdot 118кПа$ [8] показаны на рисунке 1.

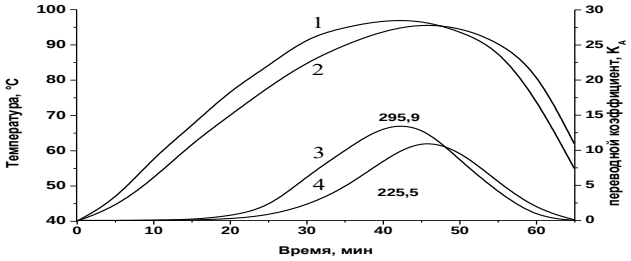


Рисунок 1 – Динамика изменения температуры (1,2) и вымирания микроорганизмов (3,4) в слоях компота яблочного в стеклотаре 1-82-500 с интенсивным (1,3) и слабым (2,4) нагревом производственного режима термообработки

В результате проведенных исследований выявлено, что продолжительность режима стерилизации составляет 65 мин и при этом, отдельные слои продукта в банке получают различные значения тепловых воздействий: температурная разница между интенсивно и медленно прогреваемыми слоями достигает до 6-7°С, что также подтверждается коэффициентом неравномерности тепловой обработки, Кн =295,9/225,5=1,31.

Кроме того, к основным недостаткам технологии можно отнести и потери биологически активных компонентов исходного сырья при традиционном способе бланширования сырья, а также значительные потери тепловой энергии и воды на выработку единицу продукции.

С учетом выявленных недостатков традиционной технологии, разработана усовершенствованная технология консервированного яблочного компота.

Реализация нового способа консервирования заключается в следующем. Подготовленные плоды после мойки, инспекции, калибровки, резки и очистки укладывают в банки и далее в течение 100 с подогревают импульсной, с интервалом 5 секунд, паровой обработке перегретым паром (5 секунд подача пара с последующей 5-секундной выдержкой). Одновременно, для предотвращения термического боя стеклобанок, поверхность их в течение всего процесса обдувается нагретым до 110-120°С воздухом. По завершении импульсно-паровой обработки плодов, в банки в течение 1,5 мин подают нагретый воздух температурой 140-150°С и скоростью 5,0-6,0 м/с, с последующей заливкой в банки сиропа температурой 98-100°С.

Возможность замены традиционного процесса бланшировки плодов перед расфасовкой, осуществляемый по традиционной технологии в различных технологических жидкостях, что способствует, как повышению пищевой ценности готовой продукции, за счет предотвращения потерь определенного количества (до 15-20%) биологически активных компонентов, выщелачиваемых в технологическую жидкость, а также экономию более 45,0 МДж/туб тепловой энергии, затрачиваемой в процессе традиционной бланшировки.

Целью обработки плодов горячим воздухом, по завершении импульсно-паровой обработки, является удаление образующегося на поверхности плодов капель конденсата, чтобы исключить разжижение конденсатом сиропа и одновременно повышение начальной температуры полуфабриката.

Далее банки накрывают крышками, помещают в камеру с инфракрасными излучателями на 2 мин, закатывают и направляют на стерилизацию, осуществляемую в три этапа: предварительный нагрев продукта в не закатанных (с подкатанной крышкой) банках, для удаления воздуха из банок и продукта: закатка банок и продолжение нагрева, и охлаждение в потоке атмосферного воздуха по режиму $85\text{-}\frac{10}{150}\text{-}\frac{10}{110}\text{-}\frac{22}{25}$: где 85 – начальная температура полуфабриката, ^{0}С; 10 и 10 соответственно продолжительности этапов нагрева не закатанных банок в потоке нагретого воздуха с температурой 150^{0}С и 110^{0}С, после закатки банок; 22 – продолжительность этапа охлаждения воздухом температурой 20^{0}С. При этом, для обеспечения оптимального уровня теплообменных процессов, скорости воздушного потока принимались равным 6,0-7,0 м/с.

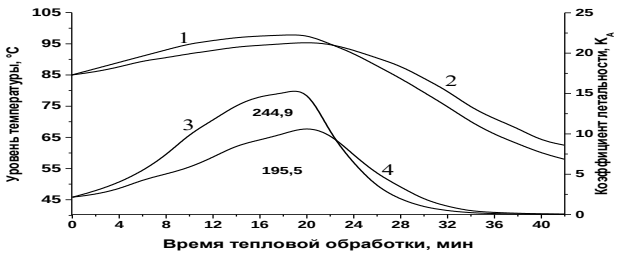


Рисунок 2 - Динамика величин температурных уровней (1,2) и стерилизующих эффектов (3,4) в слоях с интенсивным (1,3) и слабым (2,4) нагревом яблочного компота в стеклотаре 1-82-500 стерилизуемого по новому режиму

Разработанный режим обеспечивает безопасность готовой продукции, что подтверждается величинами стерилизующих эффектов в периферийной и центральной областях банки, составляющие соответственно 244,9 и 195,5 условных минут. Кроме того, в отличие от традиционной стерилизации, процесс стерилизации отличается отсутствием противодавления в аппарате, что обеспечивается теми обстоятельствами, что первый этап тепловой обработки осуществляется при не закатанных (подкатанных роликом первой операции) банках, а второй этап нагрева проводится уже после герметизации банок крышками.

Анализ рисунка 2 показывает, что продолжительность режима тепловой стерилизации, по сравнению с традиционным, сокращается на 20 мин, что в свою очередь будет способствовать повышению пищевой ценности готовой продукции (рис. 3).

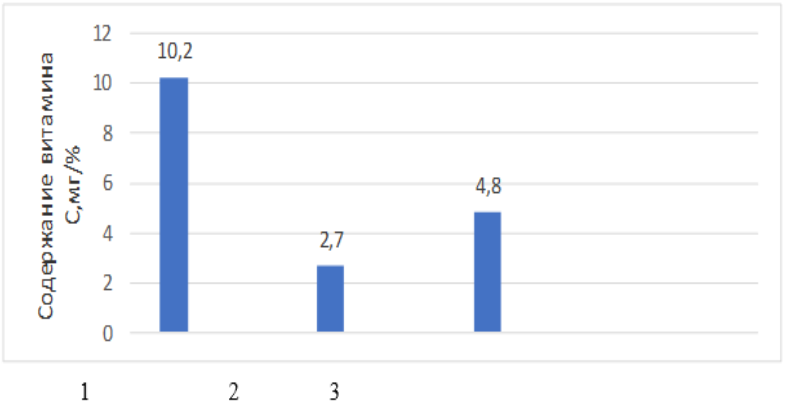


Рисунок 3 – Содержание витамина С (мг/%) в исходном сырье и компоте из яблок: 1 – в исходном сырье; 2 – в компоте, стерилизованном по традиционной технологии; 3 – в компоте стерилизованном по новому режиму

На основе проведенных исследований усовершенствована технология производства компота из яблок (рис.4).

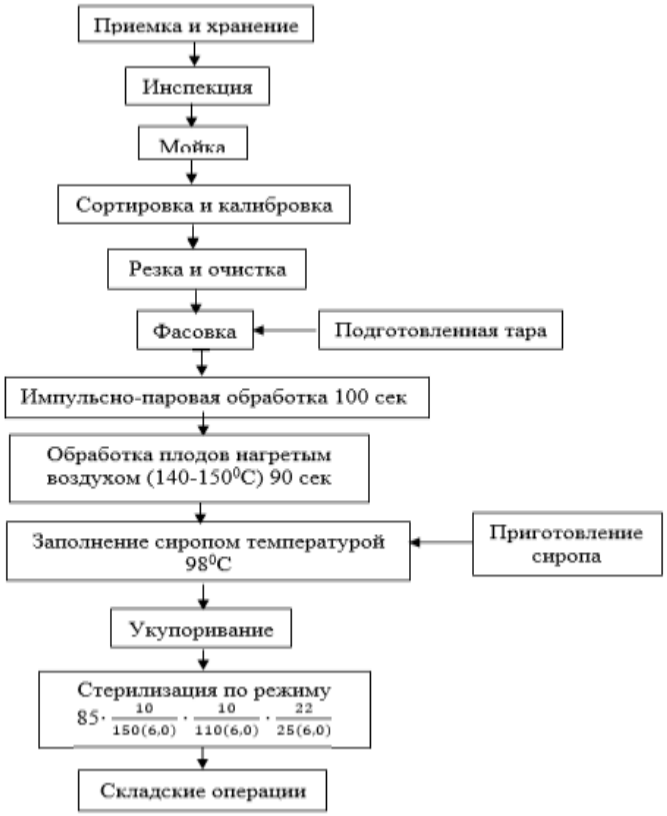


Рисунок 4 – Усовершенствованная технология яблочного компота с обработкой плодов в банках перегретым паром и горячим воздухом и стерилизацией по новому режиму

Выводы. Изучен традиционный режим стерилизации компота из яблок в стеклобанках 1-82-500 и выявлены характерные для него недостатки. С учетом недостатков традиционной технологии, предложен новый способ тепловой стерилизации с импульсно-паровой обработкой плодов в банках перегретым паром в течение 100 с и горячим воздухом температурой 140-150°С и скоростью 5,0-6,0 м/с в течение 1,5 мин, с последующей заливкой в банки сиропа температурой 98-100°С и стерилизацией в аппарате открытого типа по двухуровневому высокотемпературному ускоренному режиму.

Применение импульсно-паровой обработки плодов с последующей обработкой горячим воздухом способствуют сокращению продолжительности режима стерилизации на 23 мин и повышение пищевой ценности: содержание витамина С в компоте, стерилизованном по новому режиму на 2,1 мг/% выше, чем в компоте, стерилизованном по традиционному режиму.

Список литературы

1.Азадова Э.Ф., АхмедовМ.Э., Демирова А.Ф. Эффективность импульсно-паровой бланшировки плодов в банках и щадящих режимов пастеризации при производстве компота из груш для детского питания // Проблемы развития АПК региона. – 2020. – №1(№41). – С167-171.

2. Усовершенствование технологии производства компота из яблок в жестяных банках №13 с использованием бланшировки плодов в таре / М.Э. Ахмедов, Р.А. Устаева, А.Ф. Демирова [и др.] // Повышение качества и безопасности пищевых продуктов: сб. мат. 10-й науч.-практ. конф. (с междунар. участием). – Махачкала: 2020. – С.123-126.

3.Ахмедов М.Э. Интенсификация технологии тепловой стерилизации консервов «Компот из яблок» с предварительным подогревом плодов в ЭМП СВЧ //Известия вузов. Пищевая технология. – 2008. – № 1. – С. 15-16.

4. Бабарин В.П. Тепловая стерилизация плодоовощных консервов: дис. …д-ра техн. наук. – М.: 1994. – 400 с.

5. Демирова А.Ф., Ахмедов М.Э., Исмаилов Т.А. Стерилизация компотов в стеклянной таре СКО 1-82-1000 со ступенчатым нагревом и охлаждением в статическом состоянии. // Известия вузов. Пищевая технология. – 2010. – № 4. – С.88-90.

6. Демирова А.Ф., Исмаилов Т.А., Ахмедов М.Э. Ротационный ступенчатый нагрев компотов в горячей воде с воздушным и воздушно-водоиспарительным охлаждением консервов. // Известия вузов. Пищевая технология. – 2010. – № 6. – С. 90.

7.Ильясова С. А., Ахмедов М.Э., Касьянов Г.И. Новые технические и технологические решения производства абрикосового компота с высоким нутриентным составом // Пищевая промышленность. – 2022. – №7. – С.85-88

8.Патент РВ № 2829597 МПК A23L 3/00 Способ производства компота из яблок /Ахмедов М.Э., Демирова А.Ф., Султанахмедов Ф.Г, заявка: 2022127715, 25.10.2022, опубл. 25.04.2024 Бюл. № 12

9.Сборник технологических инструкций по производству консервов. – М.: 1977. – Т. 2. – 431 с.

10.Флауменбаум Б.Л. Танчев С.С. Гришин М.А. Основы стерилизации пищевых продуктов. – М.: Агропромиздат, 1986. – С. 478

11. Флауменбаум Б.Л. Сокращение продолжительности режимов стерилизации малокислотных консервов за счет повышения температурного уровня // Известия вузов. Пищевая технология. – 1983. – №5.– С. 3-4.

12.Ярахмедова Д.А., Демирова А.Ф., Ахмедов М.Э., Рахманова М.М. Эффективность применения СВЧ-пастеризации и вакуумирования плодов персиков на пищевую ценность консервированных компотов // Известия Дагестанского ГАУ. – 2025. – № 4 (28). – С. 441-446.

13.Alskog L. Sterilization of foods containing particles // «Recent developments in aseptic technology». Conference, United Kingdom, 4-6 Dec., 1989, 26 pp.

14.Barefoot S.F., Tai H.Y., Brandon S.C., Thomas R.L. Production of microbiologically stable apple juice by metallic membrane ultrafiltration // «Joumal of Food Science», 1989, v.54, № 2, pp.408-411.

15.Renard, C. M. G. C., Maingonnat, J. F. (2012). Thermal processing of fruits and fruit juices. In D. W. Sun (Ed.), Thermal Food Processing: New Technologies and Quality Issues (second ed., pp. 413–440): Taylor & Francis.

References

1. Azadova E.F., Akhmedov M.E., Demirova A.F. Efficiency of pulse-steam blanching of fruit in jars and gentle pasteurization modes in the production of pear compote for baby food // Problems of development of the regional agro-industrial complex. - 2020. - No. 1 (No. 41). - P. 167-171.

2. Improving the technology for producing apple compote in cans No. 13 using blanching of fruit in containers / M.E. Akhmedov, R.A. Ustaeva, A.F. Demirova [et al.] // Improving the quality and safety of food products: collection of materials from the 10th scientific and practical conference (with international participation). - Makhachkala: 2020. - P. 123-126.

3. Akhmedov M.E. Intensification of the technology of thermal sterilization of canned food "Apple compote" with preliminary heating of fruit in an electromagnetic microwave oven // News of universities. Food technology. - 2008. - No. 1. - Pp. 15-16.

4. Babarin V.P. Thermal sterilization of canned fruits and vegetables: Dissertation for the degree of Doctor of Technical Sciences. - Moscow: 1994. - 400 p.

5. Demirova A.F., Akhmedov M.E., Ismailov T.A. Sterilization of compotes in glass containers SKO 1-82-1000 with step heating and cooling in a static state. // News of universities. Food technology. - 2010. - No. 4. - Pp. 88-90. 6. Demirova A.F., Ismailov T.A., Akhmedov M.E. Rotary stepwise heating of compotes in hot water with air and air-water evaporative cooling of canned goods. // News of universities. Food technology. - 2010. - No. 6. - P. 90.

7. Ilyasova S.A., Akhmedov M.E., Kasyanov G.I. New technical and technological solutions for the production of apricot compote with a high nutrient composition // Food industry. - 2022. - No. 7. – P.85-88

8. Patent RV No. 2829597 IPC A23L 3/00 Method for producing apple compote /Akhmedov M.E., Demirova A.F., Sultanakhmedov F.G., application: 2022127715, 25.10.2022, published. 25.04.2024 Bulletin No. 12

9. Collection of technological instructions for the production of canned food. – Moscow: 1977. – Vol. 2. – 431 p.

10. Flaumenbaum B.L. Tanchev S.S. Grishin M.A. "Fundamentals of sterilization of food products". – Moscow: Agropromizdat, 1986. – P. 478

11. Flaumenbaum B.L. Reducing the Duration of Sterilization Modes for Low-Acid Canned Foods by Increasing the Temperature Level // News of Universities. Food Technology. - 1983. - No. 5. - Pp. 3-4.

12. Yarakhmedova D.A., Demirova A.F., Akhmedov M.E., Rakhmanova M.M.

Effectiveness of Microwave Pasteurization and Vacuuming of Peaches on the Nutritional Value of Canned Compotes // News of the Dagestan State Agrarian University. - 2025. - No. 4 (28). - Pp. 441-446.

13. Alskog L. Sterilization of Foods Containing Particles // "Recent Developments in Aseptic Technology". Conference, United Kingdom, 4-6 Dec., 1989, 26 pp.

14.Barefoot S.F., Tai H.Y., Brandon S.C., Thomas R.L. Production of microbiologically stable apple juice by metallic membrane ultrafiltration // "Joumal of Food Science", 1989, v.54, No. 2, pp. 408-411.

15.Renard, C. M. G. C., Maingonnat, J. F. (2012). Thermal processing of fruits and fruit juices. In D. W. Sun (Ed.), Thermal Food Processing: New Technologies and Quality Issues (second ed., pp. 413–440): Taylor & Francis.

10.52671/26867591_2026_1_346
УДК 664.8036:62

ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ТОМАТНОГО ПЮРЕ В СТЕКЛОБАНКЕ 1-82-3000 С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭМП СВЧ И ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ СТЕРИЛИЗАЦИИ В АППАРАТАХ ОТКРЫТОГО ТИПА

СУЛЕЙМАНОВА З.Г., преподаватель
АХМЕДОВ М.Э., д-р. техн. наук, профессор
ДЕМИРОВА А.Ф., д-р техн. наук, профессор
ГАДЖИЕВА А.М., канд. хим. наук, доцент
ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет», г. Махачкала, Россия

INNOVATIVE TECHNOLOGY FOR PRODUCING TOMATO PURÉE IN GLASS JAR 1-82-3000 USING MICROWAVE EMISSION AND HIGH-TEMPERATURE STERILIZATION IN OPEN-TYPE UNITS

SULEYMANOVA Z.G., Lecturer
AKHMEDOV M. E., Doctor of Technical Sciences, Professor
DEMIROVA A. F., Doctor of Technical Sciences, Professor
GADZHIEVA A.M., Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor
Dagestan State Technical University, Makhachkala, Russia

Аннотация. Томатное пюре относится к консервированным продуктам массового употребления, как в общественном, так и домашнем питании. В статье представлены результаты экспериментальных исследований традиционного режима стерилизации консервов «Пюре томатное», установлены характерные для него недостатки, с учетом которых разработан новый способ тепловой стерилизации. Сущность нового способа стерилизации заключается в том, что стерилизацию осуществляют в аппарате состоящим из трех секций: первая секция предназначена для предварительного удаления воздуха из продукта и банки и предварительного нагрева продукта до 90-92^{0}С в не закатанных банках; во второй секции продолжается процесс нагрева закатанных банок до 98-100^{0}С и в третьей секции осуществляется ступенчатое охлаждение водой с температурами 80, 60 и 40^{0}С.

С учетом недостатков традиционной технологии разработана усовершенствованная технология с использованием СВЧ-обработки плодов томатов перед протиранием и нового высокотемпературного режима стерилизации в аппарате открытого типа. Новый режим тепловой стерилизации обеспечивает сокращение продолжительности термообработки и повышение пищевой ценности готовой продукции.

Ключевые слова: концентрированные томатопродукты, стерилизация, режим стерилизации, пищевая ценность температура.

Abstract. *Tomato puree is a canned food that is widely consumed both in public and in home cooking. The article presents the results of experimental studies on the traditional sterilization mode for tomato puree, and identifies its inherent drawbacks, which led to the development of a new method for thermal sterilization. The essence of the new sterilization method is that the sterilization is carried out in a device consisting of three sections: the first section is designed for pre-removal of air from the product and the jar, and for pre-heating the product to 90-920C in unsealed jars; in the second section, the process of heating the sealed jars to 98-1000C continues, and in the third section, the jars are step-by-step cooled with water at temperatures of 80, 60, and 400C.*

Taking into account the shortcomings of the traditional technology, an improved technology has been developed using microwave treatment of tomato fruits before rubbing and a new high-temperature sterilization mode in an open-type apparatus. The new thermal sterilization mode reduces the duration of heat treatment and increases the nutritional value of the finished product.

Keywords: *concentrated tomato products, sterilization, sterilization mode, nutritional value, and temperature.*

Введение. Томатное пюре относится к консервированным продуктам массового употребления, как в общественном, так и домашнем питании, которое используют в качестве основных компонентов при производстве множества консервированных продуктов, а также реализуют в розничной торговой сети и для домашнего потребления.

Томатное пюре обладает достаточно высокой пищевой ценностью, которая в первую очередь зависит от химического состава исходного сырья, который содержит более 4,0% углеводов, и более 3,5% из них сахаров; 0,5% органических кислот и достаточное количество пектина. Богаты томаты и витаминами, к числу которых относится витамин С, более 20мг/%, каротиноиды более 1,2 мг/%, также содержатся витамины B_1, B_2, РР и фолиевая кислота.

При уваривании для томатного пюре, которое содержит 12, 15 и 20% сухих веществ, повышается концентрация питательных веществ, которые достигают: до 18% сахаров и более 2,5% органических кислот.

Но независимо от качества исходного сырья, огромную роль для получения продукта высокого качества, играет совершенство технологии производства и, прежде всего, тепловых процессов, которым подвергается продукт в процессе производства [1-15].

Объекты и методы исследований. Объектами исследований явились традиционные и новые режимы стерилизации томатного пюре в стеклотаре 1-82-3000 и технология производства.

СВЧ-обработку плодов осуществляли в микроволновой печи; разработку режимов стерилизации осуществляли на основе расчета величин стерилизующих эффектов по результатам измерения температуры продукта с использованием хромель-копелевых термопарам и самопищущего потенциометра КСП-4.

Результаты исследований. Важным обязательным и завершающим тепловым процессом в технологии производства является стерилизация [1-6, 8-12]. Концентрированные томатопродукты подвергают пастеризации при температуре 100 °С [10].

Для оценки традиционного режима пастеризации нами проведены лабораторные исследования по прогреваемости томатного пюре по режиму традиционной стерилизации в таре СКО 1-82-3000.

Графики нагрева и летальности при термической обработке томатного пюре по режиму традиционной технологии $\frac{20-50-30}{100}\cdot 118\,\text{кПа}$ [10] в стеклобанке 1-82-3000 при стерилизации в автоклаве представлены н рисунке 1.

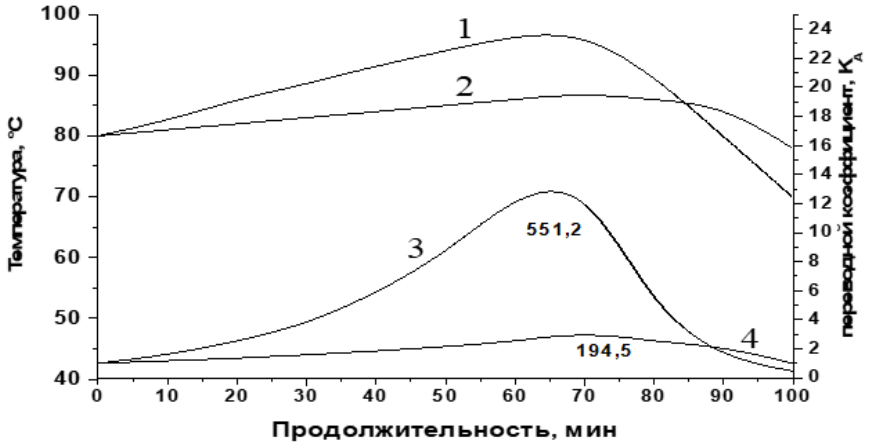


Рисунок 1 – Графики прогреваемости (1,2) и летальности (3,4) в периферийной (3) и наименее (4) прогреваемых точках томатного пюре при стерилизации в стеклобанке 1-82-3000 в автоклаве по традиционному режиму

Как видно из рисунка, при тепловой обработке центральный слой продукта прогревается медленнее, чем периферийный, причем температурная разница между ними составляет 15-18^{0}С, и соответственно разница между фактической летальностью слоев также значительная. Фактическая летальность периферийного слоя составляет 551,2 усл. мин, а центрального слоя – 194,5 усл. мин, а коэффициент неравномерности тепловой обработки равен $К_{к.н.}$= 2,84. Скорость прогрева консервов «Томатное пюре» также очень низкая и составляет для центрального слоя продукта порядка 0,1^{0}С/мин, а для периферийного слоя 0,24^{0}С/мин.

Такие низкие и разные скорости нагрева обуславливают и большую продолжительность нагрева, и существенную неравномерность нагрева продукта, что приводит естественно к перегреву периферийных слоев и соответственно к ухудшению качества готового продукта.

Еще одним существенным недостатком традиционного способа стерилизации консервируемых продуктов в автоклавах, используемых в настоящее время, является необходимость создания в аппарате противодавления, что усложняет процесс стерилизации и необходимость наличия дополнительного оборудования, для подачи в автоклав сжатого воздуха, предназначенного для создания в аппарате противодавления. Поэтому, на наш взгляд, исследование и разработка новых эффективных способов стерилизации томатного пюре, представляет определенный научный и практический интерес.

Нами разработан новый способ тепловой стерилизации, сущность которого заключается в том, что стерилизацию осуществляют в аппаратесостоящим из трех секций: первая секция предназначена для предварительного удаления воздуха из продукта и банки и предварительного нагрева продукта до 90-92^{0}С в не закатанных банках; во второй секции продолжается процесс нагрева закатанных банок до 98-100^{0}С и в третьей секции осуществляется ступенчатое охлаждение водой с температурами 80, 60 и 40^{0}С.

Динамики температур и стерилизующих воздействий в зонах с максимальным и минимальным тепловым воздействием нового режима стерилизации $\frac{25}{160(6,0)} \cdot \frac{25}{120(6,0)} \cdot \frac{30}{25(6,0)}$ томатного пюре в стеклобанке объемом 3,0 л нагретым воздухом и воздушным охлаждением в аппарате открытого типа изображены на рисунке 2.

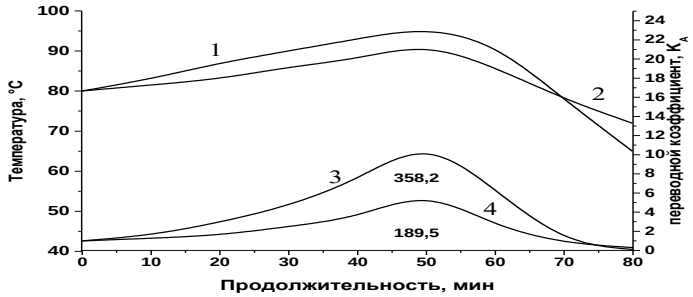


Рисунок 2 – Графики прогреваемости (1,2) и летальности (3,4) в периферийной (1,3) и наименее (2,4) прогреваемых точках томатного пюре при стерилизации в стеклобанке 1-82-3000 по новому режиму

Результаты прогреваемости и летальности ускоренного режима пастеризации подтверждают, что новый режим обеспечивает промышленную стерильность продукции, сокращение продолжительности и повышение пищевой ценности.

Минеральный и витаминный состав томатного пюре в зависимости от способа стерилизации приведены в таблице1.

Таблица 1- Минеральный и витаминный состав (мг %) томатного пюре в зависимости от способа стерилизации

Режим стекрилизации	Na	K	Ca	P	Fe	β-каротин	B_1	B_2	PP	C
По традиционному режиму	10	670	20	70	2,0	1,6	0,05	0,03	0,07	24,0
По новому режиму	10	670	20	70	2,0	1,90	0,065	0,045	0,1	32,0

Результаты изучения витаминного состава томатного пюре, пастеризованного по традиционному и ускоренному режиму, показывают, что новый режим пастеризации обеспечивает высокое качество продукции.

Результаты микробиологических исследований томатного пюре, изготовленного со стерилизацией по ускоренному режиму по усовершенствованным технологиям, приведенные в таблице 2, подтверждают их безопасность, некоторые из них представлены в табл.2.

Таблица 2 – Микробиологические показатели консервов «Томатное пюре», изготовленного с использованием нового режима стерилизации

Наименование показателя	Результаты исследований	НД на методы исследования
Плесени, КОЕ/г	Не обнар.	ГОСТ 10444.12-88
Дрожжи, КОЕ/г	Не обнар.	ГОСТ 10444.12-88
Мезофильные сульфитредуцирующие клостридии, в 1,0 г	Не обнар.	ГОСТ 10444.15-94
Cl.botulinum, в 1,0 г	Не обнар.	ГОСТ 29185-91
S.aureus, в 1,0 г	Не обнар.	ГОСТ 10444.2-94
Патогенные, в т.ч сальмонеллы, в 1,0 г	Не обнар.	ГОСТ 30519-97(ГОСТ Р 50480-93)
БГКП (колиформы), в 1,0 г	Не обнар.	ГОСТ Р 50474-93
Мезофильные аэробные и факультативные анаэробные м/о, в 1,0 г	Не обнар.	ГОСТ 30425-97
КМАФАнМ, КОЕ/г	Не обнар.	ГОСТ 10444.15-94

Результаты микробиологических исследований подтверждают безопасность продукции, изготовленной со стерилизацией по новым режимам.

Кроме того, плоды томатов перед протиранием измельчают на дробилках и подвергают подогреву до 70-75^{0}С, с целью облегчения процесса протирания и снижения отходов. При этом, в процессе дробления имеют место окислительные процессы, что снижает пищевую ценность готовой продукции. Поэтому, нами, взамен процессов дробления и подогрева, предложена СВЧ-обработка плодов в течение 1,5 мин, после чего плоды подвергают протиранию [1-3].

На основе проведенных экспериментальных исследований разработана усовершенствованная технология производства томатного пюре с использованием СВЧ-разваривания сырья и стерилизации в потоке нагретого воздуха по высокотемпературному режиму в аппарате открытого типа (рис.3).



Рисунок 3– Усовершенствованная технология производства томатного пюре с использованием СВЧ-обработки плодов в банках и высокотемпературной стерилизации в аппаратах открытого типа

Выводы. Изучен традиционный режим стерилизации и с учетом характерных для него недостатков разработан новый режим стерилизации в аппаратах открытого типа.

Результаты прогреваемости и фактической летальности микроорганизмов нового режима стерилизации подтверждают, что он обеспечивает промышленную стерильность готовой продукции, сокращение продолжительности и повышение пищевой ценности.

Разработана усовершенствованная технология производства томатного пюре с использованием СВЧ-обработки плодов перед протиранием, отличающаяся тем, что в ней исключен процесс дробления плодов, а подогрев осуществляют в электромагнитном поле сверхвысокой частоты, что устраняет окислительные процессы и способствует повышению пищевой ценности готовой продукции. Проведенные физико-химические и микробиологические исследования подтвердили высокое качество и микробиологическую безопасность томатного пюре, изготовленного по усовершенствованной технологии: содержание витамина С в томатном пюре, изготовленной по усовершенствованной технологии на 8 мг/% выше, чем по традиционной технологии.

Список литературы

1.Абдель П.Д. Исследование способов интенсификации процессов стерилизации и охлаждения томатной пасты в крупной консервной таре: дис. …канд. техн. наук. – Одесса: 1975.–180 с.

2.Ахмедов М.Э., Демирова А.Ф., Гаджимурадова Р.М., Саидова С.С. Способ стерилизации томатного пюре // Патент РФ №2728229; опубл. 28.07.2020.

3.Ахмедов М.Э., Демирова А.Ф., Гаджимурадова Р.М., Саидова С.С. Способ стерилизации острого томатного соуса // Патент РФ №2728230; опубл. 28.07.2020.

4.Ахмедов М.Э., Демирова А.Ф., Гаджимурадова Р.М., Саидова С.С. Способ стерилизации томатной пасты // Патент РФ №2728238; опубл. 03.06.2020.

5. Влияние технологии на пищевую ценность консервированного компота из яблок для детского питания / А.Ф. Демирова, Д.А. Ярахмедова, М.Э. Ахмедов [и др.] // Известия Дагестанского ГАУ. – 2025. – № 4 (28). – С. 387-393.

6. Рогачев В.И., Бабарин В.П. Местоположение наименее прогреваемой точки в банке с продуктом // Консервная и овощесушильная промышленность. – 1973. – № 9. – С. 10-11.

7. Сабуров Н.В. Хранение и переработка плодов и овощей / Н.В. Сабуров, М.В. Антонов. – М.: Изд-во сельхоз. лит., 1962. – 320 с.

8. Способ производства компота из яблок. Патент РФ № 2513190.Ахмедов М.Э., Демирова А.Ф., Дибиргаджиева Х.Г., Рахманова М.М. Бюл. № 11 от 20.04.2014

9.Сборник технологических инструкций по производству консервов. – М.: 1977. – Т. 3. – 476.с.

10. Флауменбаум Б.Л., Танчев С.С., Гришин М.А. Основы консервирования пищевых продуктов: учебное пособие. – М.: Агропромиздат, 1986. – 478 с.

11. Флауменбаум Б.Л. Сокращение продолжительности режимов стерилизации малокислотных консервов за счет повышения температурного уровня // Известия вузов. Пищевая технология. – 1983. – №5. – С. 3-4.

12.Ярахмедова Д.А., Демирова А.Ф., Ахмедов М.Э., Рахманова М.М. Эффективность применения СВЧ-пастеризации и вакуумирования плодов персиков на пищевую ценность консервированных компотов // Известия Дагестанского ГАУ. – 2025. – № 4 (28). – С. 441-446.

13.Alskog L. Sterilization of foods containing particles // «Recent developments in aseptic technology». Conference, United Kingdom, 4-6 Dec., 1989, 26 pp.

14.Barefoot S.F., Tai H.Y., Brandon S.C., Thomas R.L. Production of microbiologically stable apple juice by metallic membrane ultrafiltration // «Joumal of Food Science», 1989, v.54, № 2, pp.408-411.

15.Renard, C. M. G. C., Maingonnat, J. F. (2012). Thermal processing of fruits and fruit juices. In D. W. Sun (Ed.), Thermal Food Processing: New Technologies and Quality Issues (second ed., pp. 413–440): Taylor & Francis.

References

1. Abdel P.D. Study of methods for intensifying the processes of sterilization and cooling of tomato paste in large cans: Dissertation for the Degree of Candidate of Technical Sciences. – Odessa: 1975.–180 p.

2. Akhmedov M.E., Demirova A.F., Gadzhimuradova R.M., Saidova S.S. Method for sterilizing tomato puree // Patent of the Russian Federation No. 2728229; published. 07/28/2020.

3. Akhmedov M.E., Demirova A.F., Gadzhimuradova R.M., Saidova S.S. Method for sterilizing hot tomato sauce // Patent of the Russian Federation No. 2728230; published. 07/28/2020.

4. Akhmedov M.E., Demirova A.F., Gadzhimuradova R.M., Saidova S.S. Method for sterilizing tomato paste // Russian Federation Patent No. 2728238; published 03.06.2020.

5. The influence of technology on the nutritional value of canned apple compote for baby food / A.F. Demirova, D.A. Yarakhmedova, M.E. Akhmedov [et al.] // Dagestan GAU Proceedings. - 2025. - No. 4 (28). - P. 387-393.

6. Rogachev V.I., Babarin V.P. Location of the least heated point in a can with a product // Canning and vegetable drying industry. - 1973. - No. 9. - P. 10-11.

7. Saburov N.V. Storage and processing of fruits and vegetables / N.V. Saburov, M.V. Antonov. - Moscow:

Agricultural Literature Publishing House, 1962. - 320 p.

8. Method for producing apple compote. Russian Federation Patent No. 2513190. Akhmedov M.E., Demirova A.F., Dibirgadzhieva H.G., Rakhmanova M.M. Bulletin No. 11 of 20.04.2014

9. Collection of technological instructions for the production of canned food. - Moscow: 1977. - Vol. 3. - 476 p.

10. Flaumenbaum B.L., Tanchev S.S., Grishin M.A. Fundamentals of food preservation: a tutorial. – Moscow: Agropromizdat, 1986. – 478 p.

11. Flaumenbaum B.L. Reducing the Duration of Sterilization Modes for Low-Acid Canned Foods by Increasing the Temperature Level // News of Universities. Food Technology. – 1983. – No. 5. – Pp. 3-4.

12. Yarakhmedova D.A., Demirova A.F., Akhmedov M.E., Rakhmanova M.M.

Efficiency of Microwave Pasteurization and Vacuum Treatment of Peaches on the Nutritional Value of Canned Compotes // News of the Dagestan State Agrarian University. – 2025. – No. 4 (28). – Pp. 441-446.

13. Alskog L. Sterilization of Foods Containing Particles // "Recent Developments in Aseptic Technology". Conference, United Kingdom, 4-6 Dec., 1989, 26 pp.

14.Barefoot S.F., Tai H.Y., Brandon S.C., Thomas R.L. Production of microbiologically stable apple juice by metallic membrane ultrafiltration // "Joumal of Food Science", 1989, v.54, No. 2, pp. 408-411.

15.Renard, C. M. G. C., Maingonnat, J. F. (2012). Thermal processing of fruits and fruit juices. In D. W. Sun (Ed.), Thermal Food Processing: New Technologies and Quality Issues (second ed., pp. 413–440): Taylor & Francis.

10.52671/26867591_2026_1_351
УДК 663.6:579.6

ОТ МИКРОБНОГО КОНСОРЦИУМА К ПОЛЕЗНОМУ НАПИТКУ - НАУЧНЫЕ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ТОВАРОВЕДЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

ТАРАН А.А., аспирант
ФЕДОТОВА Н.А., канд. биол. наук, доцент
ЖУКОВА Д.В., канд. техн. наук, доцент
СУВОРОВ О.А., д-р биол. наук, профессор
РОСБИОТЕХ, г. Москва, Россия

FROM A MICROBIAL CONSORTIUM TO A HEALTHY DRINK - SCIENTIFIC, TECHNOLOGICAL, AND PRODUCT RESEARCH ASPECTS

TARAN A.A., postgraduate student
FEDOTOVA N.A., Candidate of Biological Sciences, Associate Professor
ZHUKOVA D.V., Candidate of Technological Sciences, Associate Professor
SUVOROV O.A., Doctor of Technological Sciences, Professor
Russian Biotechnological University (BIOTECH University), Moscow, Russia

Аннотация. В условиях растущего спроса на продукты питания с положительным влиянием на здоровье традиционные напитки, в частности чайный гриб, становятся интересным объектом для исследования. Целью исследования является комплексный анализ современных научных данных о чайном грибе (комбуче) как объекте технологического и товароведческого интереса, с акцентом на его микробиологический состав, производственный потенциал и стратегии оптимизации биоактивных свойств.

Методология исследования основана на систематическом обзоре научной литературы с применением сравнительного анализа. Работа базируется на анализе рецензируемых публикаций и патентов, посвященных процессам ферментации (с использованием методов высокопроизводительного секвенирования, ГХ-МС, ВЭЖХ), технологиям оптимизации состава (методология анализа поверхности отклика), применению симбиотической культуры.

В результате установлено, что микробный консорциум чайного гриба (дрожжи, уксуснокислые и молочнокислые бактерии) является ключевым фактором, определяющим его биохимический профиль и полезные свойства. Показана возможность целенаправленного управления процессом ферментации для обогащения продукта целевыми биоактивными соединениями, такими как глюкуроновая кислота (увеличение содержания в 2,39 раза) и полифенолы (увеличение в 3,87 раза). Выявлен значительный биотехнологический потенциал для производства бактериальной целлюлозы с заданными свойствами.

Полученные результаты могут быть применены в пищевой промышленности и индустрии питания для разработки стандартизированных технологий производства продуктов на основе чайного гриба с заданным составом и свойствами.

Можно сделать вывод, что проведенный анализ подтверждает значительный потенциал комбучи, практическая реализация которого напрямую зависит от контроля микробной экологии и параметров ферментации.

Ключевые слова: чайный гриб, комбуча, ферментация, биотехнологический потенциал.

Abstract. *With the growing demand for health-promoting foods, traditional beverages, particularly kombucha, are becoming an attractive research topic. The aim of this study is to comprehensively analyze current scientific data on kombucha as a subject of technological and commercial interest, focusing on its microbiological composition, production potential, and strategies for optimizing its bioactive properties. The research methodology is based on a systematic review of the scientific literature using comparative analysis. The study is based on an analysis of peer-reviewed publications and patents devoted to fermentation processes (using high-throughput sequencing, GC-MS, and HPLC), composition optimization technologies (response surface analysis methodology), and the use of symbiotic cultures. As a result, it was established that the microbial consortium of kombucha (yeast, acetic acid bacteria, and lactic acid bacteria) is a key factor determining its biochemical profile and beneficial properties. The possibility of targeted control of the fermentation process to enrich the product with target bioactive compounds, such as glucuronic acid (a 2.39-fold increase in content) and polyphenols (a 3.87-fold increase), was demonstrated. Significant biotechnological potential for the production of bacterial cellulose with tailored properties was identified. These results can be applied in the food and beverage industries to develop standardized technologies for producing kombucha-based products with tailored compositions and properties. The analysis confirms the significant potential of kombucha, the practical implementation of which directly depends on the control of the microbial ecology and fermentation parameters.*

Keywords: *Kombucha, tea fungus, fermentation, biotechnological potential.*

Введение. Активный рост потребительского спроса на функциональные продукты питания, обладающие не только пищевой ценностью, но и потенциалом положительного влияния на здоровье, является одной из ключевых тенденций современной пищевой индустрии. В условиях глобального повышения осведомленности населения о здоровом образе жизни особый интерес представляют традиционные ферментированные напитки, чьи свойства получают научное переосмысление и обоснование. Чайный гриб (комбуча) – древний симбиотический напиток, получаемый в результате ферментации подслащенного чая под действием сложного консорциума бактерий и дрожжей (SCOBY) – представляет собой яркий пример такого продукта, переживающего всплеск популярности во всем мире.

Потенциальная польза комбучи для здоровья, включая ее антиоксидантные, противомикробные, противовоспалительные свойства, связывается с широким спектром биоактивных соединений, продуцируемых микробиотой в процессе ферментации. Однако, несмотря на растущее количество публикаций, посвященных чайному грибу, научное сообщество сталкивается с рядом методологических вызовов. Существует значительный разрыв между данными, полученными в условиях in vitro, демонстрирующими высокую биоактивность компонентов напитка, и ограниченным количеством клинических исследований, подтверждающих его эффективность у человека. Кроме того, состав и свойства конечного продукта крайне вариабельны и зависят от множества факторов: типа чайного субстрата, состава микробного консорциума, температуры и продолжительности ферментации, что создает сложности для стандартизации и воспроизводимости результатов.

Таким образом, в настоящее время актуальность комплексный анализ и обобщение современных научных данных о чайном грибе, позволит выявить как установленные закономерности, так и перспективные направления для будущих исследований. Целью настоящего обзора является систематизация современных представлений о микробной экологии, биотехнологическом потенциале и доказательной базе воздействия чайного гриба на организм человека.

Материалы и методы исследований.

Растущий интерес к полезным продуктам и напиткам во всем мире обусловлен повышением уровня жизни, развитием технологий и повышением осведомленности о здоровом образе жизни (Onsun , 2025). Ярким примером в этой категории является чайный гриб (комбуча) – древний ферментированный напиток, популярность которого значительно возросла во всём мире благодаря его полезным свойствам и богатому культурному наследию (Prajapati, 2024; Andrade, 2025).

С исторической точки зрения, происхождение комбучи восходит к Китаю, откуда она распространилась по Азии и Европе, прежде чем попасть на современный мировой рынок (Andrade, 2025). С технологической точки зрения, комбуча – это напиток, получаемый в результате ферментации подслащённого чая (Camellia sinensis) с добавлением симбиотической культуры бактерий и дрожжей (SCOBY) (Coelho, 2020).

Именно этот микробный консорциум, включающий дрожжи, уксуснокислые и молочнокислые бактерии, играет решающую роль в процессе ферментации, производя органические кислоты и биологически активные метаболиты, которые формируют уникальные вкусовые и функциональные характеристики напитка (Andrade. 2025). В основе производства чайного гриба лежит SCOBY, которая регулирует сложный процесс ферментации, в результате чего получается эликсир, богатый биологически активными веществами.

Микробная динамика SCOBY подчеркивает роль различных микроорганизмов, прежде всего уксуснокислых бактерий, молочнокислых бактерий и осмофильных дрожжей, в том числе таких родов, как *Saccharomyces*, *Schizosaccharomyces*, *Zygosaccharomyces*, *Brettanomyces/Dekkera* и *Pichia* (Pogorelov 2024; Prajapati 2024).

Эти микроорганизмы играют важнейшую роль в выработке биологически активных соединений, в том числе органических кислот, полифенолов и

витаминов, которые и придают чайному грибу его лечебные свойства (Кусова 2023; Prajapati 2024).

Учитывая растущий спрос и большое количество исследований, посвященных этой теме, необходим комплексный анализ, охватывающий различные аспекты этого напитка (Coelho 2020). Так, в научной литературе рассматривается не только определение чайного гриба и его микробиологический состав, но и субстраты для его производства, включая инновационные ингредиенты, а также вариации его химического и микробиологического профилей и пищевой безопасности (Попова 2021; Воротынцев 2025; Coelho 2020).

При этом на состав и количество химических компонентов чайного гриба существенно влияют такие факторы, как субстрат для ферментации, температура и продолжительность процесса (Taupiqurrohman 2024; Власова 2025). Эти переменные можно оптимизировать для получения новых соединений и увеличения выхода уже существующих (Taupiqurrohman 2024). Иллюстрацией этого тезиса служит исследование, в котором для приготовления чайного гриба использовались шесть основных видов китайского чая (тёмный чай, чёрный чай, улун, белый чай, жёлтый чай и зелёный чай).

Было установлено, что тип чая существенно влияет на качество чайного гриба: так, чайный гриб на основе жёлтого чая продемонстрировал наибольшую бактериостатическую способность в отношении *Escherichia coli*, а улун-чайный гриб — в отношении *Staphylococcus aureus* (Zheng 2024). Результаты анализа летучих компонентов и органолептической оценки показали, что тип чая существенно влияет на вкус чайного гриба, причем образцы из улуна и зелёного чая получили более высокие оценки (Zheng 2024).

Кроме того, ферментация способствует улучшению антиоксидантных и противомикробных свойств напитка: по мере брожения общая кислотность увеличивается, а значение pH снижается, при этом антиоксидантная способность значительно возрастает, что в основном связано с увеличением общей концентрации полифенолов (Zheng 2024).

На рисунке ниже изображена схема производства комбучи.

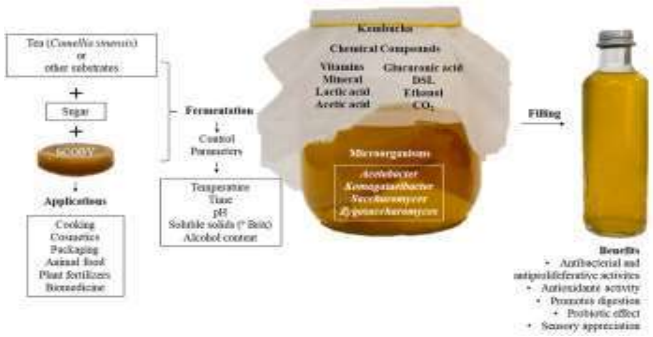


Рисунок 1 - Схема производства комбучи (https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1878450X20301499)

Этот анализ закономерно подводит к ключевому вопросу – потенциальной роли комбучи как функционального напитка в профилактике и лечении различных заболеваний (Onsun B., Toprak K., Sanlier.2025).

Биологически активные соединения, синтезируемые в процессе ферментации, придают чайному грибу широкий спектр лечебных свойств, к которым относятся антиоксидантные, противомикробные, противовоспалительные, противодиабетические, антигипертензивные, противораковые, гепатопротекторные и детоксикационные свойства (Prajapati.2024).

В частности, химические компоненты чайного гриба подавляют пролиферацию раковых клеток, воздействуя на специфические белки, участвующие в канцерогенезе, такие как HIF-1α, VEGF, IL-8, COX-2, а также каспазы-3, -8 и -9, PARP, Bax, Bcl-2, p53, p21, MMP-2, MMP-9 и β-актин(Taupiqurrohman.2024).

Однако для полного понимания противораковых свойств чайного гриба необходимо разобраться в точных механизмах взаимодействия между различными химическими компонентами гриба и раковыми клетками (Taupiqurrohman 2024).

Важным аспектом функциональности чайного гриба является его пробиотический потенциал. Пробиотики — это живые микроорганизмы, способные предотвращать и контролировать заболевания желудочно-кишечного тракта, поддерживать баланс иммунной системы, а также способствовать лучшему усвоению питательных веществ и витаминов (da Anunciação.2024).

Чайный гриб, наряду с кефиром, является примером натуральной пробиотической культуры, чей микробиологический состав, включающий пробиотические бактерии и дрожжи, обусловливает различные функциональные свойства, такие как противомикробная, противоопухолевая, антиканцерогенная и иммуномодулирующая активность (Anunciação.2024; Дабузова 2025).

Научный интерес к этому аспекту подтверждается обширным количеством публикаций в международных базах данных, что подчеркивает широкие возможности чайного гриба в пищевой

промышленности и медицине (da Anunciação 2024).

Растущий рынок чайного гриба, обусловленный потребительским спросом на функциональные напитки, открывает возможности для разработки инновационных продуктов (Prajapati 2024). Однако для полной реализации его потенциала подчеркивается необходимость стандартизированного производства для обеспечения безопасности и подтверждения полезных свойств (Prajapati 2024).

Выявляя пробелы в исследованиях, авторы работ акцентируют важность проведения клинических испытаний для валидации терапевтического эффекта (Prajapati 2024). В конечном счёте, современные исследования объединяют традиционные знания с научными изысканиями, задают направления для будущих изысканий и коммерческого развития, а также подчёркивают роль чайного гриба в поддержании здоровья и хорошего самочувствия (Prajapati 2024).

Патентный поиск. Для более полного представления о так называемом “Чайном грибе” и его применении был проведен патентный поиск, полученные результаты приведены в таблице 1.

Патенты – важнейшая часть сохранения за собой интеллектуальной собственности. Ниже приведена таблица, в которую вписаны одни из самых новых и интересных открытий в области производства и ферментации чая при помощи микроорганизмов.

Таблица 1 - Патентная документация

№	Объект исследования, его составные части	Вид и номер документа с двухбуквенным кодом страны/режим действия (действует/не действует/может быть восстановлен)	Наименование объекта интеллектуальной собственности	Заявитель (правообладатель)	Дата приоритета / дата публикации
1	Состав чайного гриба	KR102176334B1	A kombucha composition and a prepartion method thereof (Состав комбучи и способ его приготовления)	곽웅권윤석민이재호권훈태	2020-11-09
2	Методы ферментации	CA2833764CCA2833764C	Fermentation methods to produce kvass, kombucha (Методы ферментации для производства чайного гриба)	Mariya Andreevna SKRIPITSYNA	2012-10-26
3	Способ приготовления чайного гриба	KR101870522B1	Method of Manufacturing Kombucha with Extracts Using Green Tea and Citrus (Способ приготовления чайного гриба с экстрактами зелёного чая и цитрусовых)	박성수	2018-06-25
4	Ферментированный напиток	CN103859089B	The processing method of fermented tea solid beverage (Способ приготовления ферментированного чайного напитка)	董瑞霞陈国宝吴全聪郑生宏胡贤春	2015-08-05
5	Метод быстрого производства чайного гриба	CN100448978C	Process method for rapid production of kombucha using pure bacteria combination industrialized	唐欣昀	2009-01-07

			forced ventilation (Технологический метод быстрого производства чайного гриба с использованием комбинации чистых бактерий и принудительной вентиляции)		

На первом этапе важно отметить патент Южной Кореи, под № 1 в таблице, который показался самым актуальным и интересным для ознакомления. С остальными патентами можно ознакомится исходя из данных в таблице.

Настоящее изобретение представляет собой способ производства комбучи напитка путём ферментации SCOBY, состоящего из дрожжей и уксуснокислых бактерий, в чайном экстракте, а также путём выбора чая с желаемым вкусом из зелёного, чёрного чая и улуна.

После приготовления смеси чайного экстракта путём регулирования соотношения компонентов добавляются дрожжи и уксуснокислые бактерии для приготовления комбучи уксуса, после чего запускается процесс ферментации и дополнительно добавляются функциональные молочнокислые бактерии. Это позволяет добиться превосходных результатов и производить функциональные напитки за короткий промежуток времени. Подробно о технологии получения, функциональных свойствах и применении в индустрии питания описано в источниках (1,3,4,7,9).

Результаты работы

В результате комплексного анализа научной литературы и патентной документации установлено, что функциональные свойства чайного гриба (комбучи) определяются сложным межвидовым взаимодействием микробного консорциума SCOBY, включающего дрожжи (*Saccharomyces*, *Zygosaccharomyces*, *Brettanomyces*), уксуснокислые и молочнокислые бактерии.

Показано, что целенаправленное изменение параметров ферментации (тип чайного сырья, температура, продолжительность) и состава микробиоты позволяет значительно влиять на биохимический профиль напитка. В частности, возможна управляемая стимуляция синтеза целевых метаболитов: содержание глюкуроновой кислоты может быть увеличено в 2,39 раза, а полифенолов — в 3,87 раза по сравнению с традиционными условиями ферментации.

Выводы

Чайный гриб представляет собой перспективную модель для изучения сложных микробных экосистем и их роли в формировании функциональных свойств ферментированных продуктов. Управление составом микробного консорциума открывает широкие возможности для целенаправленного создания напитков с заданным биохимическим профилем.

Существует значительный потенциал для промышленного применения оптимизированных штаммов и биотехнологических подходов (включая технологии искусственного интеллекта) для стандартизации производства и гарантированного обогащения комбучи целевыми биоактивными соединениями.

Список литературы

1.Andrade D. K. A. et al. Kombucha: An Old Tradition into a New Concept of a Beneficial, Health-Promoting Beverage // Foods. – 2025. – V. 14. – № 9. – P. 1547.

2.Bressani A. P. P. et al. Kombucha with yam: Comprehensive biochemical, microbiological, and sensory characteristics // Food Research International. – 2024. – V. 192. – P. 114762.

3.Chen A. et al. Advancing kombucha fermentation: Microbial interactions, functional metabolites, and innovative optimization strategies // Food Chemistry. – 2025. – P. 146121.

4.Chou Y. C. et al. Enhancing antioxidant benefits of Kombucha through optimized glucuronic acid by selected symbiotic fermentation culture // Antioxidants. – 2024. – V. 13. – № 11. – P. 1323.

5.Coelho R. M. D. et al. Kombucha // International Journal of Gastronomy and Food Science. – 2020. – V. 22. – P. 100272.

6.da Anunciação T. A. et al. Biological significance of probiotic microorganisms from kefir and kombucha: a review // Microorganisms. – 2024. – V. 12. – № 6. – P. 1127.

7.de Melo L. M. et al. Historical overview and current perspectives on kombucha and SCOBY: A literature review and bibliometrics // Food Bioscience. – 2024. – V. 59. – P. 104081.

8.Ecklu-Mensah G. et al. Modulating the human gut microbiome and health markers through kombucha consumption: a controlled clinical study // Scientific Reports. – 2024. – V. 14. – № 1. – P. 31647.

9.Khiabani A. et al. Exploring the Acetobacteraceae family isolated from kombucha SCOBYs worldwide and comparing yield and characteristics of biocellulose under various fermentation conditions // Scientific Reports. – 2024. – V. 14. – № 1. – P. 26616.

10. Meng Y. et al. Microbial interactions and dynamic changes of volatile flavor compounds during the fermentation of traditional kombucha // Food Chemistry. – 2024. – V. 430. – P. 137060.

11. Onsun B., Toprak K., Sanlier N. Kombucha Tea: A Functional Beverage and All its Aspects // Current Nutrition Reports. – 2025. – V. 14. – № 1. – P. 69.

12. Pogorelov, A.G. Behavior of baker's and brewer's yeast under technological conditions using electrochemically activated aqueous solution / Pogorelov A.G., Ipatova L.G., Panait A.I.,Pogorelova M.A., Stankevich A.A., Suvorov O.A. // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. - 2024. – V. 16. № 6. - P. 490-514 (Погорелов, А. Г. Поведение хлебопекарных и пивных дрожжей в технологических условиях при использовании электрохимически активированного водного раствора // Погорелов А.Г., Ипатова Л.Г., Панаит А.И., Погорелова М.А., Станкевич А.А., Суворов О.А. // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. - 2024. - Т. 16. № 6. - С. 490-514)

13. Prajapati K. et al. Multidisciplinary advances in kombucha fermentation, health efficacy, and market evolution // Archives of microbiology. – 2024. – V. 206. – № 9. – P. 366.

14. Scale-dependent analysis of structure and electrical activity in kombucha mats and proteinoid-actin assemblies // International Journal of Biological Macromolecules. – 2025. – P. 146385.

15. Silva T. O. et al. Chemical, microbial, and functional characterization of a new fruity probiotic kombucha // Food Research International. – 2024. – V. 198. – P. 115398.

16. Taupiqurrohman O. et al. From fermentation to cancer prevention: The anticancer potential of Kombucha // Phytomedicine Plus. – 2024. – V. 4. – № 4. – P. 100633.

17. Tu C. et al. Dynamics of microbial communities, flavor, and physicochemical properties of kombucha-fermented Sargassum fusiforme beverage during fermentation // Lwt. – 2024. – V. 192. – P. 115729.

18. Wang A. et al. Revealing novel insights into the enhancement of quality in black tea processing through microbial intervention // Food Chemistry: X. – 2024. – V. 23. – P. 101743.

19. Wang S. et al. Addition of lactic acid bacteria modulates microbial community and promotes the flavor profiles of Kombucha // Food Bioscience. – 2024. – V. 60. – P. 104340.

20. Zhao S. et al. Deep learning and feature reconstruction assisted vis-NIR calibration method for on-line monitoring of key growth indicators during kombucha production // Food Chemistry. – 2025. – V. 463. – P. 141411.

21. Zheng Y. et al. Comprehensive evaluation of quality and bioactivity of kombucha from six major tea types in China // International Journal of Gastronomy and Food Science. – 2024. – V. 36. – P. 100910.

22. Власова Ж. А. Кефирный продукт, обогащенный экстрактом растений // Известия Дагестанского ГАУ. – 2025. – Т. 27. – № 3. – С. 128-135.

23. Сравнение эффективности нетермических методов обеспечения микробиологической безопасности пищевых отходов / Воротынцев Н.Э., Кузнецов А.Л., Базанкова Э.А. [и др.] // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. – 2025. – Т. 13. – № 2. – С. 85-94

24. Дабузова Г.С., Алигазиева П.А., Баева А.А., Омаров Ш.К., Абдулаева Х.М. - Разработка способа производства сыровяленой колбасы функциональной направленности / Дабузова Г.С., Алигазиева П.А., Баева А.А. [и др.] // Известия Дагестанского ГАУ. – 2025. – Т 28. – № 4. – С. 73 - 74.

25. Актуальные вопросы индустрии специализированного питания для особых групп населения / Кусова И.У., Крылова Л.А., Суворов О.А. [и др.] // Пищевая промышленность. – 2023.– № 12.– С. 17-25.

26. Попова, А. И. Использование электрохимически активированной воды для повышения биологической безопасности в прикладной биотехнологии / А.И. Попова, А.И. Панаит, О.А. Суворов [и др.] // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». – 2021. – Т. 9. – № 3. – С. 5-13. DOI: 10.14529/food210301

Reference

1.Andrade D. K. A. et al. Kombucha: An Old Tradition into a New Concept of a Beneficial, Health-Promoting Beverage // Foods. – 2025. – V. 14. – № 9. – P. 1547.

2.Bressani A. P. P. et al. Kombucha with yam: Comprehensive biochemical, microbiological, and sensory characteristics // Food Research International. – 2024. – V. 192. – P. 114762.

3.Chen A. et al. Advancing kombucha fermentation: Microbial interactions, functional metabolites, and innovative optimization strategies // Food Chemistry. – 2025. – P. 146121.

4.Chou Y. C. et al. Enhancing antioxidant benefits of Kombucha through optimized glucuronic acid by selected symbiotic fermentation culture // Antioxidants. – 2024. – V. 13. – № 11. – P. 1323.

5.Coelho R. M. D. et al. Kombucha // International Journal of Gastronomy and Food Science. – 2020. – V. 22. – P. 100272.

6.da Anunciação T. A. et al. Biological significance of probiotic microorganisms from kefir and kombucha: a review // Microorganisms. – 2024. – V. 12. – № 6. – P. 1127.

7.de Melo L. M. et al. Historical overview and current perspectives on kombucha and SCOBY: A literature review and bibliometrics // Food Bioscience. – 2024. – V. 59. – P. 104081.

8.Ecklu-Mensah G. et al. Modulating the human gut microbiome and health markers through kombucha consumption: a controlled clinical study // Scientific Reports. – 2024. – V. 14. – № 1. – P. 31647.

9.Khiabani A. et al. Exploring the Acetobacteraceae family isolated from kombucha SCOBYs worldwide and comparing yield and characteristics of biocellulose under various fermentation conditions // Scientific Reports. – 2024. – V. 14. – № 1. – P. 26616.

10. Meng Y. et al. Microbial interactions and dynamic changes of volatile flavor compounds during the fermentation of traditional kombucha // Food Chemistry. – 2024. – V. 430. – P. 137060.

11. Onsun B., Toprak K., Sanlier N. Kombucha Tea: A Functional Beverage and All its Aspects // Current Nutrition Reports. – 2025. – V. 14. – № 1. – P. 69.

12. Pogorelov, A.G. Behavior of baker's and brewer's yeast under technological conditions using electrochemically activated aqueous solution / Pogorelov A.G., Ipatova L.G., Panait A.I.,Pogorelova M.A., Stankevich A.A., Suvorov O.A. // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. - 2024. – V. 16. № 6. - P. 490-514 (Погорелов, А. Г. Поведение хлебопекарных и пивных дрожжей в технологических условиях при использовании электрохимически активированного водного раствора // Погорелов А.Г., Ипатова Л.Г., Панаит А.И., Погорелова М.А., Станкевич А.А., Суворов О.А. // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. - 2024. - Т. 16. № 6. - С. 490-514)

13. Prajapati K. et al. Multidisciplinary advances in kombucha fermentation, health efficacy, and market evolution // Archives of microbiology. – 2024. – V. 206. – № 9. – P. 366.

14. Scale-dependent analysis of structure and electrical activity in kombucha mats and proteinoid-actin assemblies // International Journal of Biological Macromolecules. – 2025. – P. 146385.

15. Silva T. O. et al. Chemical, microbial, and functional characterization of a new fruity probiotic kombucha // Food Research International. – 2024. – V. 198. – P. 115398.

16. Taupiqurrohman O. et al. From fermentation to cancer prevention: The anticancer potential of Kombucha // Phytomedicine Plus. – 2024. – V. 4. – № 4. – P. 100633.

17. Tu C. et al. Dynamics of microbial communities, flavor, and physicochemical properties of kombucha-fermented Sargassum fusiforme beverage during fermentation // Lwt. – 2024. – V. 192. – P. 115729.

18. Wang A. et al. Revealing novel insights into the enhancement of quality in black tea processing through microbial intervention // Food Chemistry: X. – 2024. – V. 23. – P. 101743.

19. Wang S. et al. Addition of lactic acid bacteria modulates microbial community and promotes the flavor profiles of Kombucha // Food Bioscience. – 2024. – V. 60. – P. 104340.

20. Zhao S. et al. Deep learning and feature reconstruction assisted vis-NIR calibration method for on-line monitoring of key growth indicators during kombucha production // Food Chemistry. – 2025. – V. 463. – P. 141411.

21. Zheng Y. et al. Comprehensive evaluation of quality and bioactivity of kombucha from six major tea types in China // International Journal of Gastronomy and Food Science. – 2024. – V. 36. – P. 100910.

22. Vlasova Zh. A. Kefir product enriched with plant extract // Bulletin of the Dagestan State Agrarian University. - 2025. - Vol. 27. - No. 3. - P. 128-135.

23. Comparison of the efficiency of non-thermal methods for ensuring the microbiological safety of food waste / Vorotyntsev N.E., Kuznetsov A.L., Bazankova E.A. [et al.] // Bulletin of the South Ural State University. Series: Food and Biotechnology. - 2025. - Vol. 13. - No. 2. - P. 85-94

24. Dabuzova G.S., Aligazieva P.A., Baeva A.A., Omarov Sh.K., Abdullayeva Kh.M. - Development of a production method for functional dry-cured sausages / Dabuzova G.S., Aligazieva P.A., Baeva A.A. [et al.] // Bulletin of the Dagestan State Agrarian University. - 2025. - Vol. 28. - No. 4. - Pp. 73-74.

25. Current issues in the specialized nutrition industry for

special population groups / Kusova I.U., Krylova L.A., Suvorov O.A. [et al.] // Food industry. - 2023. - No. 12. - Pp. 17-25.

26. Popova, A.I. Use of electrochemically activated water to improve biological safety in applied biotechnology / A.I. Popova, A.I. Panait,

O.A. Suvorov [et al.] // Bulletin of SUSU. Series "Food and Biotechnology". - 2021. - Vol. 9. - No. 3. - Pp. 5-13. DOI: 10.14529/food210301

10.52671/26867591_2026_1_357
УДК:621.433.052

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ БУДУЩЕГО И ПРОЦЕССА СГОРАНИЯ РАБОЧЕЙ СМЕСИ

ФАТАЛИЕВ Н.Г., д-р техн. наук, профессор
ФГБОУ ВО Дагестанский ГАУ, г. Махачкала, Россия

SIMULATION OF THE FUTURE INTERNAL COMBUSTION ENGINE AND THE COMBUSTION PROCESS

FATALIEV N.G., Doctor of Technical Sciences, Professor
Dagestan State Agrarian University, Makhachkala, Russia

Аннотация. В статье рассматриваются инновационные направления развития ДВС, которые позволят ему оставаться актуальным в ближайшие десятилетия, соответствуя строгим экологическим стандартам и повышая общую эффективность транспортных систем.

Рассматриваются варианты моделирования процесса сгорания рабочей смеси в поршневых двигателях.

Определены **цели** исследований:

- рассмотрение инновационных (наиболее вероятных) в будущем двигателей внутреннего сгорания по конструкции и используемой энергии;

- моделирование процесса сгорания рабочей смеси в поршневых двигателях.

Задачами исследований являются:

- выявление наиболее инновационных в будущем двигателей внутреннего сгорания по конструкции и используемой энергии;

- определение оптимальной модели процесса сгорания рабочей смеси в поршневых двигателях.

Методика исследований основывалась на общепринятых экономико-математических моделированиях процессах, протекающих в поршневых двигателях.

В исследовательской части статьи приведены инновационные двигатели внутреннего сгорания, отвечающие международным экологическим и экономическим требованиям. Разработана оптимальный вариант моделирования процесса сгорания рабочей смеси в поршневых двигателях.

В заключение статьи приводятся преимущества и недостатки исследований.

Ключевые слова: двигатели внутреннего сгорания, электродвигатели, двигатели на водороде, гибридные двигатели, моделирование, процесс, сгорание.

Abstract. *The article discusses innovative directions for the development of internal combustion engines, which will allow them to remain relevant in the coming decades, meeting strict environmental standards and improving the overall efficiency of transport systems.*

The options for modeling the combustion process of the working mixture in piston engines are considered.

The research objectives are defined:

- consideration of innovative (most likely) in the future of internal combustion engines by design and energy used;

- modeling of the combustion process of the working mixture in piston engines. The research objectives are:

- identification of the most innovative in the future of internal combustion engines by design and energy used;

- determination of the optimal model of the combustion process of the working mixture in piston engines.

The research methodology *was based on the generally accepted economic and mathematical modeling of the processes occurring in piston engines. In the research part of the article, innovative internal combustion engines that meet international environmental and economic requirements are presented. An optimal variant of modeling the combustion process of the working mixture in piston engines is developed. In conclusion, the advantages and disadvantages of the research are presented.*

Keywords*: internal combustion engines, electric motors, hydrogen engines, hybrid engines, modeling, process, combustion.*

Введение. Несмотря на растущую популярность электромобилей, двигатель внутреннего сгорания (ДВС) не уходит в прошлое, а трансформируется в высокотехнологичный гибридный компонент.

Ошибочно полагать, что эра ДВС завершается. Согласно прогнозам Международного энергетического агентства, даже к 2040 году до 60% проданных автомобилей будут оснащены ДВС (в основном в гибридной конфигурации). Будущее ДВС – не в изоляции, а в симбиозе с электрическими системами, где он будет выполнять функцию высокоэффективного генератора энергии или привода для конкретных условий.

Ключевые инновационные направления

1. ДВС как диапазон-расширитель.

Концепция: Сверхкомпактный, специализированный двигатель, работающий только в оптимальном режиме КПД (~ 40%) для зарядки аккумуляторов.

Технологии:

- двигатели на основе свободнопоршневого линейного генератора (Free-Piston Linear Generator), где поршни двигаются бескривошипно, напрямую вырабатывая электричество;

- использование роторно-поршневых конструкций (типа Ванкеля) с устранением традиционных недостатков за счет новых материалов и работы в стабильном режиме.

2. Водородные ДВС.

Концепция:

- кардинальное решение проблемы выбросов CO_2. Водородный ДВС производит только воду и оксиды азота (NOx), последние эффективно нейтрализуются современными катализаторами;

- преимущества перед топливными элементами: Использование существующей производственной базы, меньшая стоимость, устойчивость к примесям в водороде, привычные характеристики для потребителя.

Сложности: Хранение водорода, его производство, повышенный износ из-за особенностей горения.

3. Двигатели на синтетических (e-Fuels) и биотопливах

Концепция: Углеродно-нейтральное топливо, производимое с использованием возобновляемой энергии (из CO_2 и воды) или из биомассы.

Инновация: Не требует кардинальной переделки существующих двигателей и инфраструктуры заправок. Позволяет обезуглерожить существующий парк автомобилей.

Перспектива: Оптимальное решение для авиации, морского транспорта и коммерческого автотранспорта, где полная электрификация сложна.

4. Технологии предельной оптимизации термодинамического цикла:

- цикл Миллера/Аткинсона в комбинации с турбонаддувом для достижения КПД выше 45%.

- активное управление температурным режимом: изоляционные керамические покрытия, переменная степень сжатия (как в двигателях Infiniti VC-Turbo), система HCCI (Homogeneous Charge Compression Ignition) — управляемое самовоспламенение для снижения потерь.

- искусственный интеллект в управлении: системы на базе ИИ, обрабатывающие данные в реальном времени (температура, нагрузка, качество топлива) для мгновенной оптимизации параметров горения.

5. Цифровой двойник и аддитивные технологии

- проектирование: создание полной цифровой модели двигателя (Digital Twin) для виртуальных испытаний и оптимизации.

- производство: 3D-печать деталей (поршней, головок блока) со сложными внутренними каналами охлаждения и облегченными решетчатыми структурами, невозможными для традиционного литья/мехобработки.

Концепт-проект: "Гибридный синергетический агрегат 2035".

Описание: Модульная силовая установка для городского кроссовера.

- электрическая часть: основной привод на переднюю ось (двигатель 150 кВт), аккумулятор 30 кВт·ч.

- ДВС-часть: задняя ось, компактный 2-цилиндровый водородный ДВС (100 кВт) с системой рекуперации тепла выхлопа для обогрева салона и подогрева катализатора. Работает только на трассе или при необходимости максимальной мощности.

- управление: объединяющая операционная система на базе ИИ (искусственного интилекта), выбирающая оптимальный режим (только электро, только ДВС, полный гибрид) на основе маршрута, пробок, погоды и стоимости энергии.

Моделирование процесса сгорания рабочей смеси в двигателях внутреннего сгорания.

Исследовательская часть.

Цели и задачи моделирования:

- оптимизация КПД и удельного расхода топлива;

- минимизация вредных выбросов (NOx, CO, сажа, несгоревшие углеводороды);

- предсказание детонации (стука) и определение пределов работы;

- разработка и калибровка систем управления (впрыск, зажигание, фазы ГРМ);

- снижение стоимости и времени разработки за счёт виртуальных испытаний.

Иерархия моделей (от простых к сложным)

1. Нулевые (0D) или квазиодномерные модели (Модели зон)

Самый высокий уровень абстракции. Камера сгорания рассматривается как единый реактор или делится на несколько условных зон.

Основа: Первый закон термодинамики (уравнение энергии), уравнение состояния идеального газа, законы сохранения массы.

Ключевой элемент: эмпирическая или полуэмпирическая скорость горения (напр., модель Вибера)

$$dx_b/dt = (a/\Delta t) * (m+1) * y^m * \exp(-a * y^{(m+1)}),$$

где x_b – доля сгоревшего топлива,

y – относительное расстояние фронта пламени,

a, m – эмпирические константы, подбираемые под двигатель.

Преимущества: высокая скорость расчёта, идеальны для задач управления и циклового анализа.

Недостатки: не описывают локальные процессы, требуют калибровки по экспериментальным данным.

2. Одномерные (1D) модели газодинамики

Моделируют распространение давления и потока впускных и выпускных трактов.

Основа: Уравнения нестационарной газодинамики (уравнения Эйлера или Навье-Стокса в 1D).

Роль в модели сгорания: обеспечивают точные граничные условия для камеры сгорания (давление, температура, состав смеси на впуске, давление на выпуске). Часто комбинируются с 0D-моделью сгорания в цилиндре.

Применение: оптимизация фаз газораспределения, геометрии трактов, наддува.

3. Трёхмерные (3D) модели CFD (Computational Fluid Dynamics)

Самые детальные модели. Воспроизводят геометрию камеры сгорания и физико-химические процессы в 3D.

Основа: решение уравнений Навье-Стокса, уравнений переноса для турбулентности, химических видов, энергии.

- Преимущества: высокая детализация, визуализация полей (температуры, концентраций), изучение локальных эффектов.

- Недостатки: огромные вычислительные затраты (расчёт одного режима может занимать дни на кластере).

- Инструменты: ANSYS Fluent/Forte, CONVERGE, AVL FIRE, OpenFOAM.

Современные тенденции и методы.

1. Мультимасштабное и мультифизическое моделирование: Связка 1D-модели трактов, 0D-модели цикла и 3D-CFD модели цилиндра для разных задач.

2. Уменьшение механизмов химических реакций (Reduced Kinetic Mechanisms): создание упрощённых, но достаточно точных химических механизмов из детальных DKM для использования в 3D-CFD.

3. Машинное обучение (ИИ):

- суррогатные модели (Surrogate Models): обучение нейросетей на данных CFD или экспериментов для мгновенного предсказания результатов (например, для калибровки ECU).

- оптимизация параметров: поиск оптимальной геометрии или режимов работы.

4. Моделирование новых типов двигателей: адаптация моделей для двигателей с управляемым самовоспламенением (HCCI, RCCI), где горение определяется химической кинетикой, что требует ещё более сложных химических моделей.

Ключевые составляющие модели сгорания в 3D-CFD

Компонент модели	Описание и типичные подходы	Примеры моделей
Турбулентность	Описание вихревого движения, критичного для смесеобразования и горения.	k-ε (RANS), LES (более точные нестационарные расчёты).
Распыление и испарение топлива (для дизелей и GDI)	Моделирование разрушения струи, распада капель, испарения.	Модель волновой теории (Wave), Dukowicz.
Воспламенение	Для бензинов: моделирование развития искрового разряда. Для дизеля: модель задержки воспламенения.	Модели искрового канала, Shell-модель (для низкотемпературной химии).
Горение	Основная химико-физическая часть.	1. Модели на основе скорости реакции: Модель скоростного сгорания (Eddy Breakup, Magnussen). 2. Модели тонкой кинетической структуры пламени: Модель турбулентного пламени (Flamelet), Модель утолщенного пламени (TFLES). 3. Детальные кинетические механизмы (DKM): Сотни реакций, точны, но требуют огромных ресурсов.
Образование выбросов	Моделирование образования NOx (преимущественно по механизму Зельдовича), сажи (эмпирические модели или модель с переносом моментов), CO.	Extended Zeldovich, Hiroyasu (для сажи).
Детонация (стук)	Моделирование самовоспламенения концевой газовой смеси.	Модель Ливингула-Ву (на основе интеграла воспламенения).

Общая схема процесса моделирования.

1. Постановка задачи (Что оптимизируем? Детонацию? Выбросы NOx?).
2. Выбор уровня детализации модели (0D, 3D-CFD).
3. Построение геометрии и сетки (для 3D).
4. Выбор и настройка физических моделей (горение, турбулентность и т.д.).
5. Задание граничных и начальных условий (обороты, нагрузка, состав смеси).
6. Валидация (сравнение с экспериментом) по данным индикаторной диаграммы (давление в цилиндре), тепловыделению, выбросам. Калибровка параметров модели.
7. Проведение расчётных исследований (что будет, если изменить угол опережения зажигания? форму камеры?).
8. Анализ результатов и формулировка выводов.

Заключение.

Математическая модель сгорания в ДВС — это не одна формула, а целый набор взаимосвязанных моделей разного уровня, описывающих:

- термодинамику (давление, температура);
- газодинамику (течения, турбулентность);
- химическую кинетику (реакции горения и образования выбросов);
- массо- и теплообмен.

Выбор подхода зависит от конкретной инженерной задачи, требуемой точности и доступных вычислительных ресурсов. Современное развитие идёт по пути интеграции традиционных физических моделей с методами искусственного интеллекта, что открывает новые возможности для создания более эффективных и экологичных двигателей.

Двигатель внутреннего сгорания будущего — это не изолированная механическая система, а интеллектуальный, адаптивный и зачастую специализированный компонент гибридной силовой установки. Его развитие будет определяться тремя принципами: синергия с электроприводом, углеродная нейтральность (за счет водорода и e-Fuels) и предельная эффективность, достигаемая через цифровизацию и новые термодинамические циклы. Такой эволюционный путь позволит ДВС занять устойчивую нишу в многокомпонентной экосистеме будущего транспорта, где не будет единого решения для всех задач.

Список литературы

1.Орлин А. С., Круглов М. Г. Рабочие процессы в двигателях внутреннего сгорания. Теория, расчет, моделирование. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011.

2. Двигатели внутреннего сгорания. Теория, расчет и моделирование процессов / под ред. А.С. Орлина, М.Г. Круглова: в 3-х т. – М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2017.

3.Маршалков Е.В. Математическое моделирование рабочих процессов в поршневых и комбинированных двигателях внутреннего сгорания. – М.: Машиностроение, 2014.

4.Зельдович Я. Б., Баренблатт Г. И., Либрович С. И., Махвиладзе Г. М. Математическая теория горения и взрыва. – М.: Наука, 1980. – Классика отечественной науки.

5. Шатров М.Г. Автомобильные двигатели. – М: Академия, 2010. – 464с.

6. Кавтарадзе Р.З. Теория поршневых двигателей. Специальные главы: учебн. для вузов. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. – 720с.

7. Кузнецов Е.С. Техническая эксплуатация автомобилей: учебник для вузов // Е.С.Кузнецов, А.П.Болдин, В.М.Власов [и др.]. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Наука, 2004. – 535 с.

8. Гнеденко Б.В. Курс теории вероятностей. – М.: Наука, 1987.

9. Михлин С.Г., Смолицкий Х.Л. Приближенные методы решения дифференциальных и интегральных уравнений: справочник. – М.:Наука, 1965. – 384 с. илл.

10. Скрыпников А.В., Рябов О.В. Обеспечение безопасности на различных участках автомобильных дорог // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Технические науки. – 2004. – Прил. № 9. – 5с

13. Фаталиев Н.Г. Автомобильные двигатели. Рабочие процессы, конструкция, основы расчета и эксплуатации: учебник/ Фаталиев Н.Г., Аливагабов М.А., Бекеев А.Х. [и др.] / под ред. Фаталиева Н.Г. – Махачкала: 2018. – 318с.

14. Warnatz, J., Maas, U., Dibble, R. W. Combustion: Physical and Chemical Fundamentals, Modeling and Simulation, Experiments, Pollutant Formation. 4th ed. Springer, 2006. – Фундамент для понимания химических аспектов моделирования.

15. Wiebe, I. I. Half-empirical equation for the combustion process in an internal combustion engine. // Труды Научно-исследовательского института двигателей (НИИД). 1970. – Модель Вьебе (Wiebe function) – основа большинства квазиодномерных моделей.

16. Heywood, J. B. Internal Combustion Engine Fundamentals. 2nd ed. McGraw-Hill Education, 2018. (Хейвуд Дж. Б. Основы двигателей внутреннего сгорания: в 2-х томах. – М.: Альянс, 2020).

17. Ramos, J. I. Internal Combustion Engine Modeling. Hemisphere Publishing, 1989.

18. Poinsot, T., Veynante, D. Theoretical and Numerical Combustion. 3rd ed. Edwards, 2012.

19. Lipatnikov, A. N. Fundamentals of Premixed Turbulent Combustion. CRC Press, 2012.

20. Reitz, R. D., Rutland, C. J. Development and Testing of Diesel Engine CFD Models. // Progress in Energy and Combustion Science, 1995. Vol. 21, pp. 173–196.

21. Pitsch, H. A Consistent Level Set Formulation for Diluted Spark Ignition and Diesel Engines. // Proceedings of the 31st International Symposium on Combustion, 2006.

22. Pope, S. B. PDF Methods for Turbulent Reactive Flows. // Progress in Energy and Combustion Science, 1985. Vol. 11, pp. 119–192.

23. Duclos, J. M., Zolver, M., Baritaud, T. 3D Modeling of Combustion and Soot in a DI Diesel Engine. // SAE Technical Paper 980139, 1998.

24. Livengood, J. C., Wu, P. C. Correlation of Autoignition Phenomena in Internal Combustion Engines and Rapid Compression Machines. // Symposium (International) on Combustion, 1955. Vol. 5(1), pp. 347–356.

25. Douaud, A. M., Eyzat, P. Four-Octane-Number Method for Predicting the Anti-Knock Behavior of Fuels and Engines. // SAE Technical Paper 780080, 1978.

References

1. Orlin A. S., Kruglov M. G. Working processes in internal combustion engines. Theory, calculation, modeling. – Moscow: Publishing house of Bauman Moscow State Technical University, 2011.

2. Internal combustion engines. Theory, calculation and modeling of processes / edited by A. S. Orlin, M. G. Kruglov: in 3 volumes. – Moscow: Publishing house of Bauman Moscow State Technical University, 2017.

3. Marshalkov E. V. Mathematical modeling of working processes in piston and combined internal combustion engines. – Moscow: Mashinostroenie, 2014.

4. Zeldovich Ya. B., Barenblatt G. I., Librovich S. I., Makhviladze G. M. Mathematical theory of combustion and explosion. – M.: Nauka, 1980. – Classics of Russian science.

5. Shatrov M.G. Automobile engines. – M.: Academy, 2010. – 464 pages.

6. Kavtaradze R.Z. Theory of piston engines. Special chapters: textbook for universities. – M.: Bauman Moscow State Technical University Publishing House, 2008. – 720 pages.

7. Kuznetsov E.S. Technical operation of vehicles: textbook for universities // E.S. Kuznetsov, A.P. Boldin, V.M. Vlasov [et al.]. – 4th ed., revised and enlarged. – M.: Nauka, 2004. – 535 pages.

8. Gnedenko B.V. Course in Probability Theory. Moscow: Nauka, 1987.

9. Mikhlin S.G., Smolitsky Kh.L. Approximate Methods for Solving Differential and Integral Equations: Handbook. Moscow: Nauka, 1965. 384 p. ill.

10. Skripnikov A.V., Ryabov O.V. Ensuring Safety on Various Sections of Highways // News of Universities. North Caucasus Region. Engineering Sciences. 2004. Supplement No. 9. 5 p.

13. Fataliev N.G. Automotive Engines. Operating Processes, Design, Fundamentals of Calculation and Operation: Textbook / Fataliev N.G., Aliwagabov M.A., Bekeev A.Kh. [et al.] / edited by Fataliev N.G. – Makhachkala: 2018. – 318 p.

14. Warnatz, J., Maas, U., Dibble, R. W. Combustion: Physical and Chemical Fundamentals, Modeling and Simulation, Experiments, Pollutant Formation. 4th ed. Springer, 2006. – A foundation for understanding the chemical aspects of modeling.

15. Wiebe, I. I. Half-empirical equation for the combustion process in an internal combustion engine. // Transactions of the Research Institute of Engines (NIID). 1970. – The Wiebe model (Wiebe function) is the basis of most quasi-one-dimensional models.

16. Heywood, J. B. Internal Combustion Engine Fundamentals. 2nd ed. McGraw-Hill Education, 2018. (Heywood, J. B., Fundamentals of Internal Combustion Engines: in 2 volumes. Moscow: Alliance, 2020).

17. Ramos, J. I., Internal Combustion Engine Modeling. Hemisphere Publishing, 1989.

18. Poinsot, T., Veynante, D., Theoretical and Numerical Combustion. 3rd ed. Edwards, 2012.

19. Lipatnikov, A. N., Fundamentals of Premixed Turbulent Combustion. CRC Press, 2012.

20. Reitz, R. D., Rutland, C. J., Development and Testing of Diesel Engine CFD Models. Progress in Energy and Combustion Science, 1995, Vol. 21, pp. 173–196.

21. Pitsch, H. A Consistent Level Set Formulation for Diluted Spark Ignition and Diesel Engines. // Proceedings of the 31st International Symposium on Combustion, 2006.

22. Pope, S. B. PDF Methods for Turbulent Reactive Flows. // Progress in Energy and Combustion Science, 1985. Vol. 11, pp. 119–192.

23. Duclos, J. M., Zolver, M., Baritaud, T. 3D Modeling of Combustion and Soot in a DI Diesel Engine. // SAE Technical Paper 980139, 1998.

24. Livengood, J. C., Wu, P. C. Correlation of Autoignition Phenomena in Internal Combustion Engines and Rapid Compression Machines. // Symposium (International) on Combustion, 1955. Vol. 5(1), pp. 347–356.

25. Douaud, A. M., Eyzat, P. Four-Octane-Number Method for Predicting the Anti-Knock Behavior of Fuels and Engines. // SAE Technical Paper 780080, 1978.

10.52671/26867591_2026_1_362
УДК 631.3

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ И МАШИН ДЛЯ ЩЕЛЕВАНИЯ ПОЧВЫ

ХАЛИЛОВ М.Б., д-р с.-х. наук, профессор
СУЛЕЙМАНОВ С.А., канд. техн. наук, доцент
АБДУЛНАТИПОВ М.Г., канд. техн. наук, доцент
ФГБОУ ВО Дагестанский ГАУ, г. Махачкала, Россия

ANALYSIS OF SOIL CULTIVATION TECHNOLOGIES AND MACHINES

KHALILOV M.B., Doctor of Agricultural Sciences, Professor
SULEIMANOV S.A., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
ABDULNATIPOV M.G., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Dagestan State Agricultural University, Makhachkala, Russia

Аннотация. *Актуальность.* Щелевание – прием обработки почвы, позволяющий снизить плотность подпахотных слоев почвы, оптимизировать соотношение между пористостью капиллярной системы почвы и атмосферным воздухообменом, активизировать биологические процессы, улучшить водопроницаемость, накопление продуктивной влаги. Вместе с этим повышается плодородие почвы, активно развивается корневая система растений, предупреждается развитие ветровой и водной эрозий почв. Это особенно важно в природных условиях Дагестана, так как значительная часть пахотных земель расположена на склонах различной крутизны и при интенсивном таянии снега весной значительная часть воды теряется в виде стока. При этом теряются ценные питательные вещества – азот, фосфор, калий и др. Предотвращение и минимизация этого процесса – актуальная задача аграриев. *Цель исследований* – провести анализ технологий и машин для щелевания почвы и дать их классификацию, выявить наиболее приемлемые типы щелевателей для условий Дагестана. *Методы и методология исследований* основана на изучении научно-технической литературы, имеющихся на рынке сельскохозяйственных машин и типов щелевателей. *Результаты и обсуждение*. Выявлены пути снижения энергоемкости процесса щелевания. Установлены рекомендуемые параметры щелей, при которых обеспечиваются лучшие условия для впитывания влаги. С целью снижения сопротивления щелевания почвы необходимо дальнейшее совершенствование и изыскание новых форм рабочего органа таких машин на основе изучения процесса взаимодействия щелереза с почвогрунтом.

Выводы. Щель должна иметь глубину до 0,45м с допустимым отклонением ±0,05м, а стенки щелей

должны обеспечивать хорошее впитывание заполняющей щель влаги. Ширина щели рекомендуется в пределах до 0,05м.

Наиболее перспективным является применение щелевателей с элементами активного вибрационного действия.

Ключевые слова: Щелевание, прием обработки почвы, плодородие почвы, почвообрабатывающее орудие, щелерезы, чизельные рабочие органы,

Abstract. *Relevance. Slitting is a soil cultivation technique that reduces the density of subsurface soil layers, optimizes the relationship between the porosity of the soil's capillary system and atmospheric air exchange, activates biological processes, improves water permeability, and accumulates productive moisture. At the same time, soil fertility is increased, plant root systems are actively developed, and wind and water erosion is prevented. This is especially important in the natural conditions of Dagestan, as a significant portion of arable land is located on slopes of varying steepness. During intensive snowmelt in the spring, a significant portion of the water is lost as runoff, along with valuable nutrients such as nitrogen, phosphorus, potassium, and others. Preventing and minimizing this process is a pressing task for farmers. The objective of this research is to analyze soil slitting technologies and machines, classify them, and identify the most suitable types of slitters for the conditions of Dagestan. The research methods and methodology are based on a review of scientific and technical literature on agricultural machines such as para-cultivators available on the market. Results and discussion. To reduce soil slicing resistance, further improvement and development of new working elements for such machines is necessary based on a study of the interaction between the para-cultivator and the soil. The most promising approach is to use para-cultivators with active vibration elements.*

Keywords: *Slitting, soil cultivation technique, soil fertility, tillage implement, slitters, chisel working elements*

Введение. *Актуальность.* Щелевание – прием обработки почвы, позволяющий снизить плотность подпахотных слоев почвы, оптимизировать соотношение между пористостью капиллярной системы почвы и атмосферным воздухообменом, активизировать биологические процессы, улучшить водопроницаемость накопление продуктивной влаги. Вместе с этим повышается плодородие почвы, активно развивается корневая система растений, предупреждается развитие ветровой и водной эрозий почв. Это особенно важно в природных условиях Дагестана, так как значительная часть пахотных земель расположена на склонах различной крутизны и при интенсивном таянии снега весной значительная часть воды теряется в виде стока. При этом теряются ценные питательные вещества: азот, фосфор, калий и др. Предотвращение и минимизация этого процесса – актуальная задача аграриев.

Цель исследований – провести анализ технологий и машин для щелевания почвы и дать их классификацию, выявить наиболее приемлемые типы щелевателей для условий Дагестана.

Методы и методология исследований основана на изучении научно-технической литературы, имеющихся на рынке сельскохозяйственных машин и типов щелевателей.

Результаты и обсуждение. Как показали исследования щелевание многолетних трав предусматривает нарезку вертикальных щелей на поле без выноса нижележащих слоев почвы на поверхность.

Анализ позволил дать краткую классификацию машин для щелевания (рис. 1).



Рисунок 1 - Классификация почвообрабатывающих орудий для щелевания

Почвообрабатывающие орудия, применяемые в настоящее время на щелевании, можно разделить на орудия пассивного и активного действия.

Для увеличения производительности необходимо работать на более высоких скоростях. Однако с увеличением скорости поступательного движения пахотного агрегата, составляющие тягового сопротивления рабочего органа увеличиваются по кривым второго порядка.

Увеличение междурядья рабочих органов от 0,35 до 0,50 м приводит к снижению удельного тягового сопротивления с 11,12 кН/м при, b=0,35 м до 9,11 кН/м при b=0,5м. При междуследии более 0,55 м рабочие органы взаимодействуют с почвой в условиях блокированного резания.

Расчеты показывают, что с увеличением глубины обработки почвы интенсивно возрастает энергоемкость процесса рыхления почвы. Так при а = 0,30...0,35 м повышается тяговое сопротивление в среднем на 0,4 кН или на 5 %. В результате повышения скорости движения агрегата степень крошения почвы возрастает на 11-12 %, коэффициент полноты рыхления пласта изменяется незначительно.

На современных плугах-рыхлителях устанавливают стойки различной конфигурации. Как показали исследования тяговое сопротивление чизельного рабочего органа с криволинейной стойкой на 14-17 %, и с наклонной стойкой на 27-29 % меньше, чем серийного долотообразного органа чизельного плуга ПЧ-2,5.

Уменьшение высоты почвенных гребней, а также увеличение глубины сплошной обработки наклонными рабочими органами достигаются в результате максимального отклонения рыхлительной пластины относительно плоскости рабочей поверхности стойки на угол 15°. Наиболее полное разрушение почвенных гребней производится криволинейным рабочим органом. Тяговое сопротивление рабочего органа с криволинейными стойками на 5,4-6,7 % выше, чем с наклонными.

Ко второй группе щелевателей пассивного действия относятся плоскорезы-глубокорыхлители.

Чаще всего, в нашей стране применяются плоскорезы-глубоко-рыхлители следующих марок КПГ-2,2; КПГ-2-150; КПГ-250А; ГУН-4; ПГ-3-5; ПГ-3-100. Рабочий орган данных орудий выполнен в виде симметричной стрельчатой лапы. У плоскорезов-глубокорыхлителей КПГ-250А и ПГ-3-100 вместо плоскорежущих лап на раму этих орудий крепят рабочие органы щелевателя. При установке двух ножей на боковых грядилях рамы можно нарезать щели на глубину 0,45-0,5 м, а при одном рабочем органе на центральном грядиле до 0,65 м.

Технические характеристики наиболее часто применяемых орудий представлены в таблице 1.2.

Таблица 1- Техническая характеристика плоскорезов-глубокорыхлителей

Показатели	КПГ-2,2	ПГ-3-5	ПГ-3-100	КПГ-250А
Ширина захвата рабочего органа, м	1,1	1,1	1,1	1,1
Число рабочих органов, шт	2	3	3	2
Ширина захвата, м	2,15	3,2; 5,3	3,2	2,1
Глубина обработки почвы, см	12-25	15-30	15-30	16-30
Количество почвенных фракций размером 0...50 мм (фактическое)	58...60	58...60	58...60	58...60
Рабочая скорость, м/с	До 2,77	До 2,77	До 2,77	До 2,45
Производительность в час основного времени, га/ч	1,4...2	1,6...1,9	2,6...3,0	1,6
Масса, кг	1030	1125	720	460
Агрегатируется с трактором тягового класса, кН	30	50	30	30
Удельная металлоемкость, кг/м	479	343	225	219

Значительное влияние на тяговое и удельное сопротивление безотвальных рыхлительных рабочих органов оказывают углы крошения почвы (β) и раствора лап (2γ). При верхней заточке рыхлительных рабочих органов шириной захвата 0,9 м и угле раствора лап 2γ=180°, увеличении угла постановки крыла к дну борозды от 10 до 30°, при рыхлении почв на глубину 30...35 см приводит к увеличению сопротивления лап на 30-40 %, при нижней заточке - на 80-85 %. Тяговое и удельное сопротивления лап, установленных под углом 20° к дну борозды, при нижней заточке изменяются по закону параболы, при верхней - линейно. В первом случае при изменении угла 2γ от 180 до 120°, тяговое сопротивление снижается примерно на 10-15 %, от 120° до 60° возрастают на 15-20 %, во втором случае при изменении 2γ от 180° до 60° - увеличивается на 5-6 %.

С увеличением глубины рыхления от 0,175 до 0,275 м и скорости движения от 1,8 до 3 м/с, удельное тяговое сопротивление плоскореза-глубокорыхлителя возрастает от 25...36 до 61...72кПа, т.е. на 70-180 %, при этом удельный расход топлива агрегата доходит до 17 л/га.

Третьей группой щелевателей пассивного действия являются чизельные плуги. Они предназначены для глубокого рыхления и разрушения почвенной подошвы на глубину до 45 см со сплошным рыхлением до 20 см.

В настоящее время серийно выпускаются следующие марки: ПЧ-4,5; ПЧ-2,5; ПЧК-4,5; ПЧК-2,5 которые комплектуются приспособлениями ПСТ-2,5; ПСТ-4,5. Чизельный рабочий орган представляет собой плоскую вертикальную стойку, на которую устанавливают рыхлительную или стрельчатую лапу.

Техническая характеристика основных чизельных плугов представлена в таблице 2.

Таблица 2 - Техническая характеристика чизельных плугов

Показатели	ПЧ-4,5	ПЧ-2,5
Ширина захвата рабочего органа, м С долотом Со стрельчато-конической лапой	 0,07 0,27	 0,07 0,27
Число рабочих органов, шт	5	11
Глубина обработки, см С долотом Со стрельчато-конической лапой	 20...45 20...30	 30...45 20...30
Количество почвенных фракций размером 0...50 мм (фактическое), %	До 60	До 60
Рабочая скорость, м/с	До 2,22	До 2,22
Сплошное рыхление верхнего слоя почвы при общей глубине обработки 45см	Не менее 20	Не менее 20
Производительность в час основного времени, га/ч	До 3,6	До 2
Масса, кг	1980	950
Удельная металлоемкость, кг/м	440	380
Агрегатируется с трактором тягового класса, кН	5	3
Гребнистость поверхности обработанного поля в зависимости от глубины обработки, %	Не более 30	Не более 30

При обработке почвы чизельные рабочие органы расставляются на раме орудия с недорезом пласта по ширине захвата. Вследствие неполного подрезания пласта по ширине захвата чизелевание способствует тому, что при прочих равных условиях затраты энергии на обработку почвы меньше, чем при отвальной и плоскорезной вспашках, в результате производительность чизельных орудий значительно выше, чем отвальных лемешных плугов и плоскорезов-глубокорыхлителей. При изменении глубины обработки почвы с 20 до 36 см и скорости движения агрегата от 0,84 до 2,64 м/с приращение тягового сопротивления составляет 7,5-9,9 %.

При исследовании зависимости тягового сопротивления от угла крошения рыхлительной лапой с шириной 0,07 м, было установлено, что наименьшее тяговое сопротивление чизельного плуга ПЧ-4,5 было получено при работе с лапами, имеющими угол крошения 20°. Лучшее качество работы было получено при работе вышеназванного плуга с лапами, имеющими угол крошения 25 и 30°. При этом тяговое сопротивление чизельного плуга в сравнении с лапами, у которых угол резания α=20°, возросло незначительно.

В результате агротехнической оценки чизельного плуга с долотообразным рабочим органом установлено, что после его прохода дно обработанного слоя остается волнистым - высота гребня при междуследии 500 мм и глубине обработки 40 см составляет 20,4см. При установке на стойке стрельчатых лап и глубине обработки 30 см высота гребней составила 2,2 см.

Сравнительная энергетическая оценка чизельного плуга ПЧ-4,5 и отвального ПТК-9-35 показала, что при глубине хода рабочих органов соответственно 40 и 30 см и скорости движения 2,22 м/с удельное сопротивление чизельного плуга было получено на 50 % ниже, чем у плуга ПТК-9-35, при этом удельный расход топлива был ниже на 24,6 %, а производительность на 41,3 % выше. Качество крошения чизельного плуга составляет – 61-65 % при ширине междуследия от 300 до 500 мм, степень сохранения стерни находилась в пределах 55 %. Для повышения качества обработки почвы чизельными плугами их применяют в комплексе с приспособлениями ПСТ-4,5 и ПСТ-2,5, предназначенных для дополнительного рыхления верхнего слоя почвы, выравнивания поля и частичного измельчения высокостебельных растительных остатков.

К пятой группе относятся щелерезы-кротователи. Это щелеватели типа ЩП-3-70, щелеватели-кротователи ЩН-5-40, ЩН-2-140. Эти орудия предназначены для щелевания многолетних трав и лугов, а также зяби, посевов озимых на ровных участках и склонах до 10°.

Как показали исследования применение щелевателей-кротователей позволяет повысить равномерность глубины обработки почвы на 40-80 %, обеспечивает степень сохранения стерни на 10-20 % и крошения почвы на 10-15 %. При этом так же снижается расход топлива в 1,3-1,8 раза, гребнистость поля в 1,5-2 раза и удельные энергозатраты в 1,7-2,2 раза, а производительность агрегата увеличивается на 10-25 %.

К шестой группе относятся плоскорезы-щелеватели предназначенные для сплошной обработки почвы с максимальным сохранением

стерни и других пожнивных остатков после колосовых культур и многолетних трав с одновременным щелеванием. Наиболее часто встречаемые орудия ПЩ-3 и ПЩ-5. Результаты исследований показали, что обработка почвы плоскорезами-щелевателями увеличивает водопроницаемость в различных агрофонах в 1,5-3 раза и уменьшает плотность почвы по всей глубине обработки. Запасы влаги в слое 1 м перед севом при обработке плоскорезом-щелевателем больше, чем плоскорезом или глубокорыхлителем, на 500…600 т/га, а перед уборкой на 350…500 т/га. Особенно эффективны плоскорезы-щелеватели на обработке склонов в поперечном направлении. Щели задерживают стоки талых вод и ливневых дождей, исключают смыв почвы на склонах крутизной до 4°, тогда как при отвальной обработке смывается до 12,8 $м^3$/га.

Такая обработка почвы в конечном итоге повышает: урожай зерновых культур на 0,1...0,3 т/га на равнине и на 0,2...0,6 т/га - на склонах.

С целью снижения сопротивления щелевания почвы необходимо дальнейшее совершенствование и изыскание новых форм рабочего органа таких машин на основе изучения процесса взаимодействия щелереза с почвогрунтом.

Для снижения силы трения между рабочим органом и почвой возможно использование различных антиабразивных комбинированных покрытий рабочих поверхностей стойки щелереза. В основном для этих целей могут быть использованы современные синтезированные пластмассы с малым коэффициентом трения, в 2-2,5 раза меньше, чем коэффициент трения почвы по стали.

Отдельной подгруппой щелевателей активного действия характеризующейся видом и характеристикой привода можно выделить рабочии органы щелевателей работающих на основе использования вибрационных колебаний, импульсной системы удара и взрывного действия.

Выводы. С целью снижения сопротивления щелевания почвы необходимо дальнейшее совершенствование и изыскание новых форм рабочего органа таких машин на основе изучения процесса взаимодействия щелереза с почвогрунтом. Наиболее перспективным является применение щелевателей с элементами активного вибрационного действия.

Рекомендуемые размеры щелей, которые должны образовывать рабочие органы орудия должны иметь глубину до 0,45м с допустимым отклонением ±0,05м, а стенки щелей, обеспечивающих хорошее впитывание влаги - 0,05м.

Список литературы

1.Борисенко И.Б., Плескачев Ю.Н.., Соколова М.В. Способ полосной глубокой обработки почвы и орудие для его осуществления // Патент на изобретение RU 2533038 C1, 20.11.2014. Заявка № 2013120648/13 от 06.05.2013.

2. Влияние способов обработки почвы на засорённость и продуктивность озимой пшеницы / С.И. Воронов, В.В. Бородычёв, Ю.Н. Плескачёв [и др.] // Аграрная Россия. – 2020. – № 9. – С. 3-7.

3. Догеев Г.Д., Халилов М.Б. Ресурсосберегающие влагонакопительные агроприемы и машины //Проблемы развития АПК региона. – 2021. – № 1 (45). – С. 43-50.

4.Жук А.Ф., Халилов М.Б, Абдулнатипов М.Г. Технологии, приемы и технические средства для ресурсосберегающей обработки почвы // Проблемы развития АПК региона. – 2020. – № 4 (44). – С. 52-58.

5. Плескачёв Ю.Н., Тегесов Д.С. Совершенствование способов основной обработки почвы в Северном Прикаспии //Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2015. – № 4 (40). – С. 59-63.

6. Халилов М.Б., Халилова К.М., Халилова М.М. Сравнительная оценка приемов и машин для обработки почвы // Известия Дагестанского ГАУ. – 2022. – № 3 (15). – С. 37-43.

7. Халилов М.Б. Щелевание как эффективный ресурсосберегающий прием обработки почвы / М.Б. Халилов, З.А. Исаев, К.М. Алибулатов [и др.] // Проблемы развития АПК региона. – 2021. – № 1 (45). – С. 122-127.

8. Жук А.Ф., Халилов М.Б., Абдулнатипов М.Г. Технологии, приемы и технические средства для ресурсосберегающей обработки почвы // Проблемы развития АПК региона. – 2020. – № 4 (44). – С. 52-58.

9. Халилов М.Б., Халилова К.М., Халилова М.М. Сравнительная оценка приемов и машин для обработки почвы // Известия Дагестанского ГАУ. – 2022. – № 3 (15). – С. 37-43.

10. Кряжков В.М., Жук А.Ф., Спирин А.П. Технические проблемы влагосбережения в земледелии // Земледелие. – 1990. – №1. – С.46-56.

11. Vajdai I/ Effekte der pfluglosen Bodenbearbeitung in Ungarn. / Agrartechnik, 1990, №5, s.207-209.

12. Bosse O., Kalk W.-D. Grubberwerkzeuge für die pfluglose Grundbodenbearbeitung Agrartechnik. / Agrartechnik, 1989, №1, s.27-30.

13. König G. Grundlagen einer Berech nungsmethodik zur rechnerdestützten ermittlung des Kraft- und Leistungsbedarts von Bodenbearbeitungsgeräten. / Agrartechnik, 1989, №10, s.443-446.

14. Bernard C., Herzog R. Internationaler Stand der Entwicklung von Geräten und Maschinen für Bodenbearbeitung Kombinierte Aggregate. / Agrartechnik, 1988, №12, s.536-538.

15. Seemann R., Seidel P, Uhlig R. Neu- und Weiterentwicklung leistungsfähiger Maschinen und Geräte für das Erzeugnissystem Bodenbearbeitung. / Agrartechnik, 1988, №5, s.204-206.

References

1. Borisenko I.B., Pleskachev Yu.N., Sokolova M.V. Method of deep strip tillage and a tool for its implementation // Patent for invention RU 2533038 C1, 20.11.2014. Application No. 2013120648/13 dated 06.05.2013.

2. The influence of soil tillage methods on weed infestation and productivity of winter wheat / S.I. Voronov, V.V. Borodychev, Yu.N. Pleskachev [et al.] // Agrarnaya Rossiya. – 2020. – No. 9. – pp. 3-7.

3. Dogeev G.D., Khalilov M.B. Resource-saving moisture-accumulating agricultural techniques and machines // Problems of development of the regional agro-industrial complex. – 2021. – No. 1 (45). – P. 43-50.

4. Zhuk A.F., Khalilov M.B., Abdulnatipov M.G. Technologies, techniques and technical means for resource-saving soil cultivation // Problems of development of the regional agro-industrial complex. – 2020. – No. 4 (44). – P. 52-58.

5. Pleskachev Yu.N., Tegesov D.S. Improving the methods of primary soil cultivation in the Northern Caspian region // News of the Lower Volga Agrarian University Complex: Science and Higher Professional Education. – 2015. – No. 4 (40). – P. 59-63.

6. Khalilov M.B., Khalilova K.M., Khalilova M.M. Comparative assessment of methods and machines for soil cultivation // Bulletin of the Dagestan State Agrarian University. – 2022. – No. 3 (15). – P. 37-43.

7. Khalilov M.B. Slitting as an effective resource-saving method of soil cultivation / M.B. Khalilov, Z.A. Isaev, K.M. Alibulatov [et al.] // Problems of development of the regional agro-industrial complex. – 2021. – No. 1 (45). – P. 122-127.

8. Zhuk A.F., Khalilov M.B., Abdulnatipov M.G. Technologies, techniques, and technical means for resource-saving tillage // Problems of development of the regional agro-industrial complex. – 2020. – No. 4 (44). – P. 52-58.

9. Khalilov MB, Khalilova KM, Khalilova MM Comparative assessment of techniques and machines for tillage // Bulletin of the Dagestan State Agrarian University. – 2022. – No. 3 (15). – P. 37-43.

10. Kryazhkov VM, Zhuk AF, Spirin AP Technical problems of moisture conservation in agriculture // Agriculture. – 1990. – No. 1. – P. 46-56.

11. Vajdai I/ Effekte der pfluglosen Bodenbearbeitung in Ungarn. / Agrartechnik, 1990, No. 5, s.207-209.

12. Bosse O., Kalk W.-D. Grubberwerkzeuge für die pfluglose Grundbodenbearbeitung Agrartechnik. / Agrartechnik, 1989, No. 1, s.27-30.

13. König G. Grundlagen einer Berech nungsmethodik zur rechnerdestützten ermittlung des Kraft- und Leistungsbedarts von Bodenbearbeitungsgeräten. / Agrartechnik, 1989, No. 10, s.443-446.

14. Bernard C., Herzog R. Internationaler Stand der Entwicklung von Geräten und Maschinen für Bodenbearbeitung Kombinierte Aggregate. / Agrartechnik, 1988, No. 12, s.536-538.

15. Seemann R., Seidel P, Uhlig R. Neu- und Weiterentwicklung leistungsfähiger Maschinen und Geräte für das Erzeugnissystem Bodenbearbeitung. / Agrartechnik, 1988, No. 5, s.204-206.

10.52671/26867591_2026_1_367
УДК 66.8

ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДИКОРАСТУЩИХ РАСТЕНИЙ

ХАМИЦАЕВА А.С.[1], д-р техн. наук, профессор
ЛОХОВА С.С.[1], канд. хим. наук, доцент
ЦАЛЛАЕВА Л.Б.[1], ст. преподаватель
ИСРИГОВА Т.А. [2], д-р с.-х. наук, профессор
ТЕДЕЕВА Ф.Л. [3], канд. техн. наук, доцент
[1]ФГБОУ ВО Горский государственный аграрный университет, г Владикавказ, Россия
[2]ФГБОУ ВО Дагестанский ГАУ, г. Махачкала, Россия
[3]Северо-Осетинский государственный университет имени К. Л. Хетагурова г. Владикавказ, Россия

STUDY OF THE ECOLOGICAL CHARACTERISTICS OF WILD PLANTS

KHAMITSAEVA A.S.[1] Doctor of Technical Sciences, Professor
LOKHOVA S.S. [1], Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor
ZALLAEVA L.B. [1], Senior teacher
ISRIGOVA T.A.[2], Doctor of Agricultural Sciences, Professor
TEDEEVA F.L. [3], Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
[1]Gorsky State Agrarian University, Vladikavkaz, Russia
[2]Dagestan State Agrarian University named after M.M. Dzhambulatov, Makhachkala, Russia
[3]North-Osetian State University named after K. L. Khetagurov, Vladikavkaz, Russia

Аннотация. Данное исследование представляет собой углубленный анализ качественных характеристик дикорастущих растений, произрастающих в Республике Северная Осетия-Алания. Особое внимание уделено

оценке их безопасности и детальному изучению состава полифенольных соединений (ПФС), включая фенолкарбоновые кислоты и танины. Кроме того, в работе исследована изменчивость содержания ПФС в процессе сушки растительного сырья и при последующем хранении готовых порошкообразных продуктов.

Статья посвящена глубокому исследованию качественных показателей качества дикорастущих растений. Представленная работа предлагает новаторский подход к оценке качества дикорастущих растений региона РСО-Алания. Исследование фокусируется на показателях безопасности и детальном профилировании полифенольных соединений (ПФС), таких как фенолкарбоновые кислоты и танины. Особый интерес представляет анализ динамики содержания ПФС в условиях технологических процессов – сушки сырья и хранения готовых порошков.

Лабораторные анализы проводились в условиях «Сигма премиум», лаборатории кафедры технологии продуктов питания СОГУ, лаборатории факультета биотехнологии ФГБОУ ВО «Горский государственный аграрный университет» в 2020-2025 гг.

Исследованы показатели безопасности дикорастущих растений. Результаты исследования показателей безопасности дикорастущих растений свидетельствуют об их соответствии гигиеническим нормам, поскольку все исследованные параметры оказались ниже установленных пределов.

Исследованы изменения содержания ПФС в процессе сушки сырья и хранении порошков при температуре $(20\pm5)^0$ С от 6 до 24 мес.

Выявлено, что используемые методики сушки дикорастущего сырья ИК-лучами и условия хранения повлияли на потери незначительно.

Ключевые слова: люпин белый, люпин желтый, лебеда, цикорий, полифенольные соединения, фенолкарбоновые кислоты.

Abstract. *This study provides an in-depth analysis of the qualitative characteristics of wild plants growing in the Republic of North Ossetia-Alania. Special attention is paid to assessing their safety and studying the composition of polyphenolic compounds (PCs), including phenolic carboxylic acids and tannins. Additionally, the study examines the variability of PC content during the drying process of plant raw materials and during the subsequent storage of finished powdered products.*

The article is devoted to a thorough study of the quality indicators of wild plants. The presented work offers an innovative approach to assessing the quality of wild plants in the North Ossetia-Alania region. The study focuses on safety indicators and detailed profiling of polyphenolic compounds (PCs), such as phenolic carboxylic acids and tannins. Of particular interest is the analysis of the dynamics of PC content during the drying of raw materials and the storage of finished powders.

Laboratory tests were carried out in the conditions of "Sigma premium", the laboratory of the Department of Food Technology of SSU, the laboratory of the Faculty of Biotechnology of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Gorsky State Agrarian University" in 2020-2025. The safety indicators of wild plants were studied. The results of the study of the safety indicators of wild plants indicate that they meet the hygienic standards, since all the parameters studied were below the established limits. Changes in the content of PFS during the drying of raw materials and the storage of powders at a temperature of (20±5) 0 C for 6 to 24 months were studied. It was found that the methods used for drying wild raw materials with infrared rays and the storage conditions had a negligible effect on the losses.

Keywords: *white lupine, yellow lupine, quinoa, chicory, polyphenolic compounds, phenolic carboxylic acids.*

Введение. Качество жизни неразрывно связано с питанием, и экологически безопасная пища занимает здесь центральное место. Под этим подразумевается не только использование в производстве функциональных мясных изделий органического сырья, выращенного без применения пестицидов, гербицидов и других вредных химикатов, но и грамотно составленные рецептуры, учитывающие полноценное обеспечение организма всеми необходимыми питательными веществами и биологически активными компонентами, в том числе пищевыми волокнами [1-3].

Речь идет о сбалансированном рационе, который обеспечивает нормальное функционирование всех систем организма – от пищеварительной до нервной.

Этот подход выходит за рамки простого насыщения организма энергией, он направлен на поддержание здоровья и долголетия [4-7].

Важнейшая роль в разработке пищевых продуктов повышенной пищевой ценности, расширении ассортимента отводится мясной отрасли, так как изделия этой отрасли ежедневно употребляются всеми группами населения РФ. В соответствии с основными принципами выбора растительного сырья в технологии мясных изделий функционального назначения учитывали: пищевую ценность, ресурсность, технологические свойства сырья, которые могут обеспечить получение пищевых продуктов высокой пищевой ценности.

По всей видимости, оздоровительные продукты станут средством общего, неспецифического действия на организм и займут промежуточное положение между группами традиционных пищевых продуктов и лекарственными средствами [7-11].

Указанная концепция свидетельствует о тесном взаимодействии между структурой питания человека и состоянием его здоровья. Неполноценное, несбалансированное, низкокачественное питание неизбежно ведет к ухудшению здоровья нации, и

впитало в себя практически все достижения современной науки о питании в России с учетом существующей экологической ситуации и возрастающим влиянием воздействия вредных факторов питания [12-14].

Трудности создания ассортимента продуктов питания функционального назначения связаны с отсутствием системных разработок концептуального характера и законодательной базы регулирования механизма организации функционального питания, оценки и контроля его качества.

Целью настоящей работы являлось исследование качественных характеристик дикорастущих растений и их изменение в процессе их технологической переработки.

Задачи для выполнения поставленной цели*:*

- обоснование выбора дикорастущих растений;
- изучить показатели безопасности дикорастущих растений;
- исследовать изменение содержания фенолкарбоновых кислот в процессе сушки дикорастущих растений;
- исследовать изменение содержания фенолкарбоновых кислот в процессе хранения дикорастущих растений.

Материалы, методы и объекты исследований. Объектами для исследования служили: люпин желтый – рис.1, люпин белый – рис. 2, лебеда дикая – рис. 3, цикорий – рис. 4, порошки высушенных дикорастущих растений.



Рисунок 1 - Люпин желтый



Рисунок 2 - Люпин белый



Рисунок 3 - Лебеда дикая



Рисунок 4 - Цикорий

Дикорастущие лекарственные растения собирали в стадии физиологической спелости в экологически безопасных районах РСО-Алания (Ирафском, Дигорском). Опытные партии порошков лекарственных растений заготавливали на базе ООО «Сигма премиум» в г. Владикавказ.

Токсичные элементы определяли методом атомно-абсорбционный спектрометрии по - ГОСТ 26932-86; радионуклид Sr^{90} определяли по ГОСТ 32163-2013. Продукты пищевые. Метод определения содержания стронция Sr-90; микотоксины по ГОСТ Р 50474-93. С помощью хроматографических методов (тонкослойной, колоночной и бумажной) и УФ-спектроскопии исследованы и идентифицированы полифенольные соединения.

На основе хроматографического разделения и спектрофотометрирования пятен рассчитано содержание фенолкарбоновых кислот и танинов.

Результаты исследований. Для обеспечения производства экологически безопасной продукции было проведено исследование показателей безопасности используемого дикорастущего сырья. Сравнительный анализ безопасности дикорастущих растений представлен на рис. 1-4, где приведены данные по содержанию токсичных элементов, микотоксинов и радионуклидов. Эти значения соответствуют требованиям, установленным в дополнениях и изменениях № 9 к СанПиН 2.3.2.1078-01 "Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов", а также СанПиН 2.3.2.2362-08.

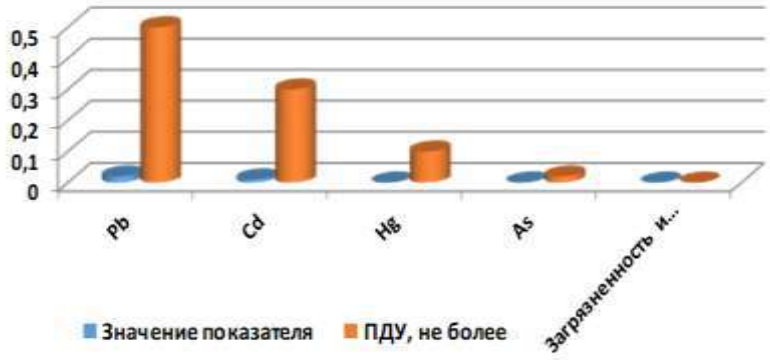


Рисунок 5 - Показатели безопасности люпина желтого (ЛЖ)



Рисунок 6 - Показатели безопасности люпина белого (ЛБ)

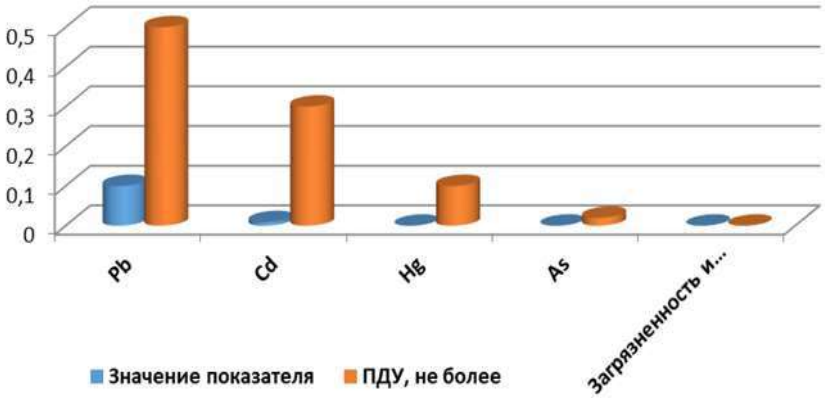


Рисунок 7 - Показатели безопасности Цикория

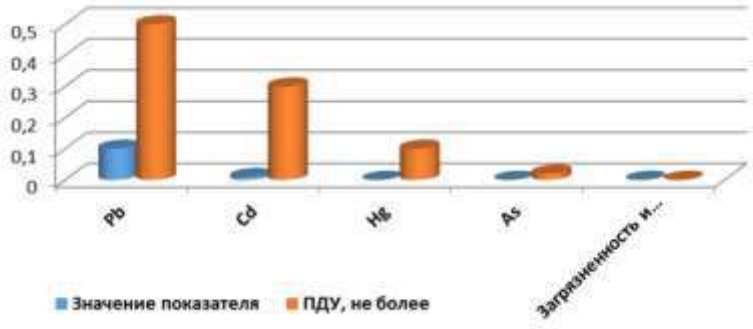


Рисунок 8 - Показатели безопасности Лебеды

Анализ данных, представленных на диаграммах 5-8, демонстрирует, что массовая доля исследованных показателей безопасности в образцах дикорастущих растений не превышает установленных гигиенических нормативов. Это позволяет классифицировать данное сырье как экологически безопасное для использования в производстве продуктов функционального питания.

Низкий уровень токсинов в исследуемых образцах, предположительно, связан с их произрастанием в экологически чистых горных и предгорных зонах Республики Северная Осетия-Алания.

Исследования показали, что в изучаемом дикорастущем сырье и продуктах его переработки – порошках содержатся полифенольные соединения, в том числе фенолкарбоновые кислоты.

Исследована динамика содержания фенолкарбоновых кислот (рис. 9) в процессе сушки дикорастущего растительного сырья ИК-лучами. Фенолкарбоновые кислоты могут локализоваться в разных органах растений, поэтому их исследование было проведено в различных анатомических частях.



Рисунок 9 - Динамика содержания фенолкарбоновых кислот в процессе сушки дикорастущих растений

Исследование показало, что инфракрасная сушка различных анатомических частей дикорастущих растений оказывает минимальное воздействие на содержание полифенолов, за исключением хлорогеновой и цикориевой кислот, которые подвержены более значительным потерям, количество которых уменьшается на 15 - 19 %.

Исследованы изменения содержания фенолкарбоновых кислот дикорастущего растительного сырья в различных анатомических частях (рис. 10) в процессе хранения.

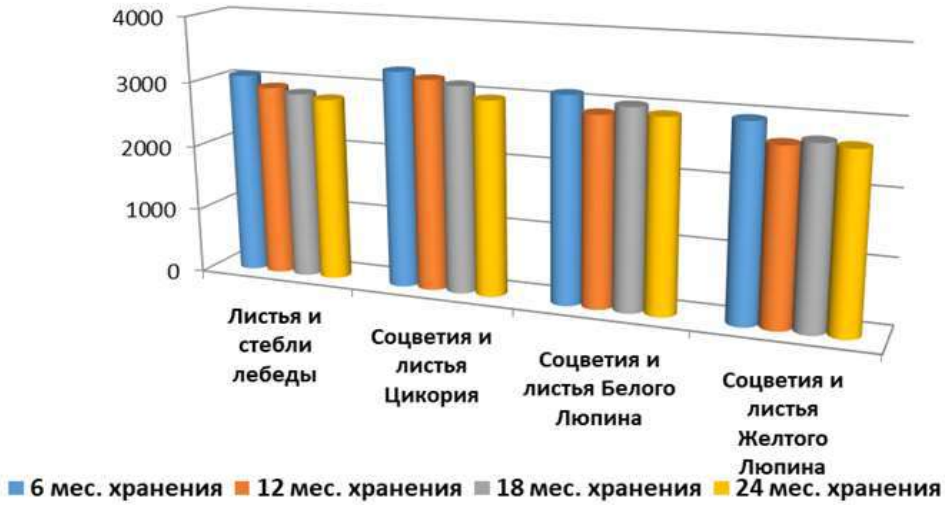


Рисунок 10 - Динамика содержания фенолкарбоновых кислот в процессе хранения порошков дикорастущих растений

В процессе хранения порошков дикорастущего сырья, также как и при сушке, существенным изменениям подвергаются хлорогеновая и цикориевая кислоты, количество которых уменьшается на 27 % через 24 мес. хранения.

Эти изменения связаны с тем, что указанные фенолкарбоновые кислоты легко окисляются и способны образовывать полимерные соединения различной молекулярной массы.

Количественное содержание полифенольных соединений (ПФС) в исследуемых образцах соответствует физиологическим нормам безопасных величин к массе продукта, в соответствии с САНПИН. Выявленные количества ПФС смогут оказать профилактическое действие.

Заключение

Исследования привели к созданию инновационной технологии производства пищевой добавки, основой которой служит дикорастущий люпин, произрастающий в живописном регионе Республики Северная Осетия-Алания.

Уникальность данного подхода подтверждена патентом Российской Федерации на изобретение № 2625497 «Способ производства пищевой добавки из дикорастущего растения люпина», зарегистрированным в Государственном реестре изобретений РФ 18 мая 2017 года.

Изучение пищевой добавки, полученной из люпина, а также порошков из высушенных цикория и лебеды, с точки зрения их безопасности и содержания ценных полифенольных соединений, позволило сделать вывод о том, что эти модифицированные дикорастущие растения являются перспективным сырьем для производства функциональных пищевых продуктов. Их применение позволит обогатить такую продукцию важными питательными компонентами.

Массовые доли полифенольных соединений (ПФС) в исследованных образцах соответствуют требованиям САНПИН по безопасности, что означает их нахождение в пределах физиологически допустимых значений для данного продукта.

Список литературы

1. Садовой В. В., Хамицаева А. С. Исследование молекулярных характеристик биологически активных добавок // Методические аспекты современного цифрового образования: тенденции и инновационные решения: материалы Всерос. (нац.) науч.-метод. конф. – Краснодар: Российское энергетическое агентство, 2024. – С. 126-133. – EDN PUZQHI.

2. Хамицаева А.С., Мамукаев М.Н., Бритаев Б.Б. Изучение химического состава, биологической ценности, функционально-технологических характеристик ростков чечевицы // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2007. – Т. 44. – № 2. – С. 165-167.

3. Sadovoy V.V., Shchedrina T.V., Melentyeva V.V., Khamitsaeva A.S. «Forecasting the molecular properties of dietary supplement used in the recipe of foodstuff for diabetes mellitus prevention».

4. Каиров В. Р., Хамицаева А. С., Гутиева З. А. Роль пряно-ароматических растений в регулировании состава функциональных пищевых продуктов // Товаровед продовольственных товаров. – 2010. – № 7. – С. 38-41. – EDN RUAGZL.

5. Использование растительного сырья для производства функциональных продуктов / А. С. Хамицаева, Ф. И. Будаев, Ф. И. Дзусова [и др.] // Достижения науки – сельскому хозяйству: материалы регион. науч.-практ. конф. – Владикавказ: Горский государственный аграрный университет, 2016. – С. 227-230. – EDN XRLAKX.

6. Хамицаева, А. С., Волох Е. Ю., Цаллаева Л. Б. Компьютерное моделирование рецептур мясных изделий с добавлением БАД // Актуальные вопросы экономики: материалы междунар. науч.-практ. конф., посвящ. памяти заслуж. деятеля науки и образования РФ, заслуж. работника с.-х. РСО–Алания, д-ра эконом. наук, проф. Басаева Б. Б. – Владикавказ: Горский государственный аграрный университет, 2023. – Том Часть 1. – С. 306-309. – EDN WUKMLW.

7. The Neural network development of food formulations and evaluation of the quality characteristics of finished products / V. V. Sadovoy, T. V. Shchedrina, A. S. Khamitsaeva, I. A. Trubina // Modern Science and Innovations. – 2024. – No. 1(45). – P. 71-79. – DOI 10.37493/2307-910X.2024.1.7. – EDN IIAQRY.

8. Садовой В. В., Хамицаева А. С., Ибрахим М. Н. Г. Оптимизации результатов исследований технологических процессов на предприятиях общественного питания // Инновационная траектория науки: становление, развитие, прогнозы: материалы IX Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 45-летию Белгородского университета кооперации, экономики и права. – Ставрополь: ООО «Губерния», 2023. – С. 284-291. – EDN RZPXTV.

9. Патент № 2288595 C2 Российская Федерация, МПК A23L 1/31, A23L 1/317. Способ производства вареной колбасы : № 2004120721/13 : заявл. 06.07.2004 : опубл. 10.12.2006 / А. С. Хамицаева, Т. Т. Агузаров, А. Р. Будаев [и др.] ; заявитель Горский государственный аграрный университет (ГГАУ). – EDN DXEJHI.

10. Biomodification of a plant base from cereal flour to produce an alternative fermented drink / A. Buchilina, P. Gunkova, A. Trofimov [et al.] // Bioactive Compounds in Health and Disease. – 2025. – Vol. 8, No. 2. – P. 41-55. – DOI 10.31989/bchd.v8i2.1554. – EDN CAVBXG.

11. Modeling of lipolysis in the human body and the methodology for developing technology of supplements for obesity prevention considering the utilization of food industry by-products / V. Sadovoy, N. Barakova, A. Baskovtceva [et al.] // Frontiers in Nutrition. – 2023. – Vol. 10. – DOI 10.3389/fnut.2023.1264477. – EDN MTLNOK.

12. Development of a food antioxidant additive technology out of grape pomace / V. V. Sadovoy, T. V. Voblikova, A. V. Morgunova, A. V. Permyakov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Voronezh, 26–29 февраля 2020 года. – Voronezh, 2021. – P. 022080. – DOI 10.1088/1755-1315/640/2/022080. – EDN DNHGRJ.

13.Зависимость содержания биологически активных веществ в траве эфиромасличных растений в зависимости от места произрастания и фенологической фазы развития / Б. Г. Цугкиев, Т. Б. Кайтмазов, Л. Ч. Гагиева [и др.] // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2014. – Т. 51. – № 4. – С. 380-388. – EDN RENCDR.

14. Зубарева Н. Н., Гагиева Л. Ч., Рамонова Э. В. Установление антагонистической активности лекарственных растений семейства яснотковые, произрастающих на территории РСО-Алания // Молодые ученые в решении актуальных проблем науки: материалы V междунар. науч.-практ. конф. – Владикавказ: Северо-Осетинский государственный университет им. К.Л. Хетагурова, 2014. – С. 349-352. – EDN TVUYYB.

References

1. Sadovoy V. V., Khamitsaeva A. S. Study of molecular characteristics of dietary supplements // Methodological aspects of modern digital education: trends and innovative solutions: materials of the All-Russian (national) scientific and methodological conference. – Krasnodar: Russian Energy Agency, 2024. – Pp. 126-133. – EDN PUZQHI.

2. Khamitsaeva A. S., Mamukaev M. N., Britaev B. B. Study of chemical composition, biological value, functional and technological characteristics of lentil sprouts // Bulletin of the Gorsk State Agrarian University. – 2007. – Vol. 44. – No. 2. – Pp. 165-167.

3. Sadovoy V. V., Shchedrina T. V., Melentyeva V. V., Khamitsaeva A. S. "Forecasting the molecular properties of dietary supplement used in the recipe of foodstuff for diabetes mellitus prevention."

4. Kairov V. R., Khamitsaeva A. S., Gutieva Z. A. The role of aromatic plants in regulating the composition of functional food products // Food commodity expert. - 2010. - No. 7. - Pp. 38-41. - EDN RUAGZL.

5. Use of plant raw materials for the production of functional products / A. S. Khamitsaeva, F. I. Budaev, F. I. Dzusova [et al.] // Achievements of science for agriculture: materials of the regional scientific and practical conference. - Vladikavkaz: Gorsky State Agrarian University, 2016. - Pp. 227-230. - EDN XRLAKX.

6. Khamitsaeva, A. S., Volokh E. Yu., Tsallaeva L. B. Computer modeling of meat product recipes with the addition of dietary supplements // Current issues in economics: materials of the international scientific and practical conference dedicated to the memory of the Honored Worker of Science and Education of the Russian Federation, Honored Worker of Agriculture of the Republic of North Ossetia-Alania, Doctor of Economics, Professor Boris Beshtauovich Basayev, Vladikavkaz. - Vladikavkaz: Gorsky State Agrarian University, 2023. - Volume Part 1. - Pp. 306-309. - EDN WUKMLW.

7. The neural network development of food formulations and evaluation of the quality characteristics of finished products / V. V. Sadovoy, T. V. Shchedrina, A. S. Khamitsaeva, I. A. Trubina // Modern Science and Innovations. - 2024. - No. 1 (45). - P. 71-79. – DOI 10.37493/2307-910X.2024.1.7. – EDN IIAQRY.

8. Sadovoy, V. V. Optimization of the results of research of technological processes at public catering establishments / V. V. Sadovoy, A. S. Khamitsaeva, M. N. G. Ibrahim // Innovative trajectory of science: formation, development, forecasts: materials of the IX International scientific and practical conference dedicated to the 45th anniversary of the Belgorod University of Cooperation, Economics and Law. – Stavropol: OOO Gubernia, 2023. – Pp. 284-291. – EDN RZPXTV.

9. Patent No. 2288595 C2 Russian Federation, IPC A23L 1/31, A23L 1/317. Method for the production of cooked sausage: No. 2004120721/13: declared 06.07.2004: published 10.12.2006 / A. S. Khamitsaeva, T. T. Aguzarov, A. R. Budaev [et al.]; applicant Gorsk State Agrarian University (GSAU). – EDN DXEJHI.

10. Biomodification of a plant base from cereal flour to produce an alternative fermented drink / A. Buchilina, P. Gunkova, A. Trofimov [et al.] // Bioactive Compounds in Health and Disease. – 2025. – Vol. 8, No. 2. – P. 41-55. – DOI 10.31989/bchd.v8i2.1554. – EDN CAVBXG.

11. Modeling of lipolysis in the human body and the methodology for developing technology of supplements for obesity prevention considering the utilization of food industry by-products / V. Sadovoy, N. Barakova, A. Baskovtceva [et al.] // Frontiers in Nutrition. – 2023. – Vol. 10. – DOI 10.3389/fnut.2023.1264477. – EDN MTLNOK.

12. Development of a food antioxidant additive technology out of grape pomace / V. V. Sadovoy, T. V. Voblikova, A. V. Morgunova, A. V. Permyakov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Voronezh, February 26–29, 2020. – Voronezh, 2021. – P. 022080. – DOI 10.1088/1755-1315/640/2/022080. – EDN DNHGRJ.

13. Dependence of the content of biologically active substances in the grass of essential oil plants depending on the place of growth and phenological phase of development / B. G. Tsugkiev, T. B. Kaitmazov, L. Ch. Gagieva [et al.] // Bulletin of the Gorsk State Agrarian University. – 2014. – Vol. 51. – No. 4. – Pp. 380-388. – EDN RENCDR.

14. Zubareva N. N., Gagieva L. Ch., Ramonova E. V. Establishment of antagonistic activity of medicinal plants of the Lamiaceae family growing in the territory of the Republic of North Ossetia-Alania // Young scientists in solving current problems of science: materials of the V international scientific and practical conference. - Vladikavkaz: North Ossetian State University named after K. L. Khetagurov, 2014. - P. 349-352. - EDN TVUYYB.

10.52671/26867591_2026_1_374
УДК 613.2/577.164.2

РОЛЬ ДИЕТЫ ПРИ ЗАБОЛЕВАНИЯХ, СВЯЗАННЫХ С НАРУШЕНИЯМИ ПУРИНОВОГО ОБМЕНА

ЧЕКАУРОВА М.С., аспирант
КОМОГОРЦЕВА П. А., студент
ЛЕБЕДЕВ В. Д., студент
АНДРЕЕВА А. А., канд. техн. наук, доцент
СУВОРОВ О. А., д-р техн. наук, доцент
ФГБОУ ВО «РОСБИОТЕХ», г. Москва, Россия

THE ROLE OF DIET IN DISEASES ASSOCIATED WITH PURINE METABOLISM DISORDERS

CHEKAUROVA M.S., postgraduate student
KOMOGORTSEVA P.A., student
LEBEDEV V.D., student
ANDREEVA A.A., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
SUVOROV O.A., Doctor of Technical Sciences, Associate Professor
Russian Biotechnological University (BIOTECH University), Moscow

Аннотация. В статье рассматриваются заболевания, связанные с нарушениями обмена мочевой кислоты в организме. В процессе анализа было выявлена связь со следующими заболеваниями: нервно-артритический диатез, урикемия, подагра, синдром Леша Нихера, синдром Келли–Сигмиллера, различные заболевания почек, артриты, диабет второго типа, депрессия, биполярное расстройство, сердечно-сосудистые заболевания, деменция. Статистические данные указывают на широкое распространение заболеваний, связанных с гиперурикемией: 20,1% в США, 14% в Китае, 17% Франции, 7% Испании, у 12-19,3% России. При проведении анализа научной литературы были обнаружены причины эндогенного и экзогенного характера, провоцирующие заболевания. Пуриновые вещества экзогенного характера, поступающие в организм с продуктами питания, необходимо подвергать контролю, исключая их негативное влияние на здоровье человека. В исследовании мы приводим данные о наличии пуриновых веществ в различных продуктах питания. Отмечаем разделение продуктов питания на группы в зависимости от содержания пуринов на высоко-, умеренно- и низкопуриновые, приводя примеры. Обращаем внимание на продукты, имеющие противовоспалительный эффект, способствующие выведению данных веществ из организма, а также продукты питания, негативно сказывающихся на пуриновом обмене.

Ключевые слова: пуриноз, подагра, мочевая кислота, нервно-артритический диатез, гиперурикемия, пурины**.**

Abstract. *The article discusses diseases associated with uric acid metabolism disorders in the body. During the analysis, a connection with the following diseases was revealed: neuroarthritic diathesis, urekemia, gout, Lesch-Nicher syndrome, Kelley-Seegmiller syndrome, various kidney diseases, arthritis, type 2 diabetes, depression, bipolar disorder, cardiovascular diseases, dementia. Statistics indicate the widespread prevalence of diseases associated with hyperuricemia: 20.1% in the United States, 14% in China, 17% in France, 7% in Spain, and 12-19.3% in Russia. A review of scientific literature revealed both endogenous and exogenous factors that trigger disease. Exogenous purine substances ingested through food must be monitored to ensure they do not negatively impact human health. In this study, we present data on the presence of purine substances in various food products. We'll highlight the division of foods into high-, moderate-, and low-purine groups based on their purine content, with examples. We'll also highlight foods that have anti-inflammatory properties and promote the elimination of these substances from the body, as well as foods that negatively impact purine metabolism.*

Keywords: *Purinosis, gout, uric acid, neuroarthritic diathesis, hyperuricemia, purines.*

«Если отец болезни неизвестен, то мать ее — всегда питание».
Гиппократ

Введение. Известная фраза о роли питании для здоровья человека приписывается Гиппократу. Он также был первым, в чьих трудах находится описание и вероятные причины заболевания, связанные с нарушениями пуринового обмена в организме. Несмотря на то, что данное заболевание имеет долгую историю изучения (подтверждение находится у египетских мумий) [5], оно остается недостаточно изученным и представляет угрозу для здоровья.

Целью исследования является рассмотрение распространенности заболевания среди населения, изучение причин, нахождение способов облегчения симптомов, предотвращение развития заболевания посредством корректировки питания.

Методы. Для поиска и анализа были использованы следующие ресурсы и инструменты поиска: научная электронная библиотека eLIBRARY.RU, Google Академия, Google Patents, Google Trends, fips.ru

В процессе изучения было рассмотрено 250 статей, из них для анализа отобрано 104, в данный обзор вошло 31, из них зарубежных 16.

Результаты исследований. Нарушение пуринового обмена связано непосредственно с метаболизмом мочевой кислоты в организме. В зависимости от особенностей его протекания различается несколько синдромов или нарушений конституции у детей и заболеваний у взрослых. Наиболее часто встречающиеся в исследовательской и учебной литературе понятия: пуриноз, нервно-артритический диатез (входит в группу геморрагические диатезы), урикемия, подагра, синдром Леша Нихера, синдром Келли–Сигмиллера.

Заболевания почек [16], артриты [3] диабет второго типа [21], депрессия [22], биполярное расстройство [37], сердечно-сосудистые заболевания, [1], [39], деменция [17] связывают с повышением уровня мочевой кислоты >6,8 мг/дл в сыворотке крови, что определяют как гиперурикемия [14].

Исследования показали, что распространенность гиперурикемией составляла 20,1% в США, [35], 14% среди взрослых в Китае в 2018-2019 годах. По данным некоторых исследователей заболевание наблюдается у 17% Франции, 7% Испании, у 12-19,3% России [11]. С 1998 года число больных подагрой в Японии увеличивалось в среднем примерно на 100 000 каждые три года [25].

Заболеваемость гиперурикемией постоянно растет [23], и «мочевая кислота представляет собой серьезную проблему для глобального здравоохранения». [18]. По оценкам к 2025 году число страдающих от гиперурикемией может достичь 1,18 миллиарда [26]. Поэтому актуальность данной проблемы не вызывает сомнения.

В процессе анализа было обнаружено, что первичные симптомы заболевания, которые проявляются у детей, имеют стабильно низкую статистику заинтересованности населения. Динамика, представленная на рисунке 1, это подтверждает.

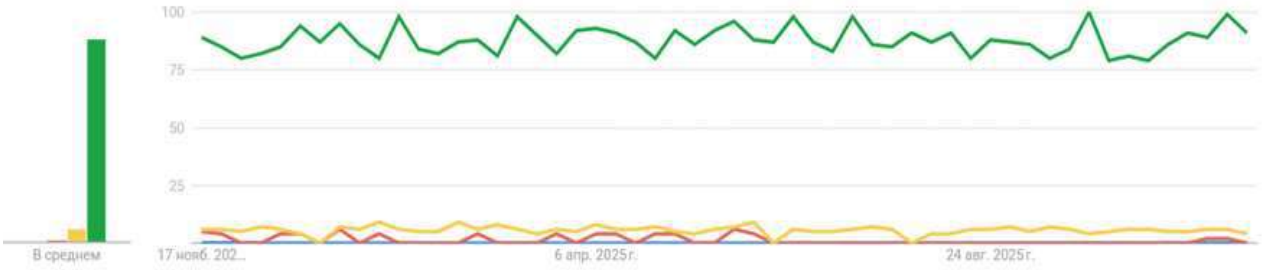


Рисунок 1 – Динамика популярности запросов по заболеваниям (нервно-артритический диатез, геморрагические диатезы, гиперурикемия, подагра за 2025 год)

Вероятно, что симптомы высокого уровня мочевой кислоты ошибочно диагностируются, как иные заболевания. Например, ацетономический криз при нервно-артритическом диатезе имеет симптоматику, напоминающую ротавирусную инфекцию: рвота, диарея, высокая температура.

Напротив, подагра – заболевание, которое характеризуется деформацией и воспалением суставов, заболеванием почек, проявляющееся чаще всего у людей среднего возраста, вызывает наибольшую обеспокоенность населения.

На этом основании сделаем вывод: контролировать уровень мочевой кислоты необходимо с детского возраста, предотвращая ее накопление в организме и превращение в ураты – соли мочевой кислоты.

Негативное влияние избытка мочевой кислоты (МК) на организм человека не вызывает сомнений, количество людей, страдающих от синдрома нарушения метаболизма МК и статистика увеличения заболеваемости, требует принятия мер над ее контролем в организме, с целью предотвращения ее негативного воздействия.

Причины нарушений метаболизма врачи видят в генетическом наследовании [6], но отмечают роль питания, основываясь на следующих фактах. МК синтезируется преимущественно в печени и кишечнике, около 20% её поступает из продуктов, богатых пуринами [20], соответственно, прием пищи и ферменты, участвующие в метаболизме пуринов, имеют решающее значение для уровня МК [38]. Пурины могут быть получены эндогенно, а именно синтезироваться в организме, и экзогенно, то есть через пищу [24, 12].

На пурины эндогенного характера можно воздействовать с помощью лекарственных препаратов и ферментов: «для снижения уровня мочевой кислоты применяют аллопуринол, подавляющий образование мочевой кислоты из гипоксантина и ксантина и с помощью особых ферментов» [13].

Пурины экзогенного характера должны быть подвержены контролю со стороны принимаемой пищи. Поэтому врачи отмечают особую роль диеты при данных заболеваниях. В этом ключе необходимо

отметить роль специализированного питания для особых групп населения [7].

Причиной распространения данных заболеваний можно назвать значительное повышение уровня жизни, которое сопровождается нарушением питания и ростом употребления алкоголя. Американские ревматологи связывают употребление продуктов быстрого питания, а именно гамбургеров и пива, с ростом распространения подагры [8].

Данную точку зрения разделял и «отец медицины» Гиппократ. Он описывал подагру, как недуг суставов и называл «болезнью обездвиженности», подчеркивал, что она свойственная людям с высоким социальным статусом и приверженцам пищевой невоздержанности [4].

Необходимость рационального сбалансированного питания признается всеми, но для данных заболеваний особо отмечают контроль над продуктами с высоким содержанием пуринов. Такое ограничение оказывает положительное влияние на артериальное давление, индекс массы тела, уровень липидов в крови, азот мочевины и уровень креатинина у пациентов с подагрой [20].

В 1937 году под авторством Певзнера М. И. впервые вышел в свет труд «Основы лечебного питания». В этой работе коллегой и соавтором Левиным Г. Л. освещается вопрос питания при подагре и мочекислом диатезе, что соответствует известному Столу №6. Им указываются следующие важные факторы:

– поддержание водного баланса и употребления не менее 1,5-2 литров воды в день;
– снижение калоража и жиров;
– уменьшение употребления поваренной соли;
– белковая часть рациона должна быть уменьшена до 1г на 1кг веса;
– при приготовлении мяса применять варку, так часть пуринов переходит в бульон;
– не употреблять продукты, которые оказываю возбуждающее действие на нервную систему;
– преимущественно употреблять, мучные, молочные продукты, овощи, сыры, яйца;
– рыба и мясо нежирных сортов не чаще 2-3 раз в неделю;
– употреблять витамины, особенно В1 и С;
– 1 раз в декаду проводить дни сырой пищи;
– не перегружать рацион питания углеводами;
– снижение употребления продуктов с высоким содержанием пуринов (данные приведены в таблице 1);

Таблица 1 - Продукты с высоким и низким уровнем пуринов [10]

Высокое	Низкое
Мясо: говяжье, телятина, баранина, свинина, копченая ветчина и бульон, варившийся 2 часа	Молочные продукты: молоко, швейцарский сыр,
Субпродукты: язык, мозги, говяжья печень, говяжьи почки	Куриные яйца
Птица: курица, гусь	Икра
Рыба: треска, судак, щука, сельдь, шпроты, сардины	Овощи: картофель, морковь, салат
Бобовые и крупы: свежие стручки бобовых, горох, чечевица	Хлеб: белый и черный
Грибы: белые грибы, грузди, шампиньоны	Крупы: крупа гречневая, рис, пшено, овсяная мука.
Овощи: цветная капуста, шпинат.	Фрукты: яблоки, груши, сливы, абрикосы, апельсины, виноград
	Орехи: лесные, грецкие орехи.

Фрукты желательно употреблять в свежем виде, так как при обработке они частично теряют важные антиоксидантные свойства [33].

Левин отмечал, что механизм пуриноза остается недостаточно изученным, как с медицинской точки зрения, так и со стороны диетологии.

Исследования по этому вопросу ведутся регулярно и в данный момент принято разделять продукты питания в зависимости от содержания пуринов на высоко-, умеренно-, умеренно- и низко пуриновые [34]. В таблице 2 приведены данные, разделяющие продукты на три группы: с высоким уровнем — это >150 мг на 100 г продукта; умеренным — 50-150 мг; низким — менее 50 мг.

На основании приведенных данных сделаем заключение, что в рационе должна преобладать пища растительного происхождения и молочные продукты. Особое внимание в рационе стоит уделить кисломолочным продуктам с растительными добавками, оказывающим положительное воздействие на работу кишечника, благодаря наличию пробиотиков, а также своим антиоксидантным и противовоспалительным свойствам [2].

Кроме прочего следует также обратить внимание на продукты, оказывающие благотворное влияние на расщепление и выведение мочевой кислоты. Данные приведены в таблице 3.

Таблица 2 - Продукты с высоким, умеренным и низким уровнем пуринов [15]

Высокий уровень	Умеренный	Низкий уровень
Сардины, анчоусы	Мясо взрослых животных	Овощи, фрукты, ягоды
Печень, почки, семенники, язык	Рыба, мидии, крабы	Молоко и молочные продукты, сыр
Мясной, куриный, рыбный и грибной бульоны	Мозги	Яйца
Рыбные и мясные консервы	Шпик соленый	Крупы, хлеб
Цыплята, мясо молодых животных (телятина и др.)	Грибы	Орехи
Копченые продукты	Шпинат, щавель, петрушка	Икра рыб (кроме минтая), кальмары
Пивные дрожжи, пиво	Цветная капуста, брокколи, баклажаны, зеленый перец	Мед
	Бобовые, соя ферментированная	Соевое молоко, тофу

Таблица 3 - Диетологические факторы, оказывающие влияние на риск развития гиперурикемии и подагры [12]

Продукт	Поступление пуринов	Образование пуринов	Выделение почками	Противовоспалительный эффект
Мясо	↑		↓	
Рыба	↑			
Сладкие напитки		↑	↓	
Сладкие соки, фрукты		↑		
Алкоголь	↑	↑	↓	
Овощи		↓	↑	
Обезжиренные молочные продукты			↑	+
Кофе		↓		
Витамин С			↑	
Вишня			↑	+

Примечание: ↑ - повышает, ↓ - понижает, + имеет положительный эффект.

В процессе изучения был произведён патентный поиск в соответствии с ГОСТ Р 15.011 – 2024. По условиям запроса получили данные, приведенные ниже в таблице 4

Таблица 4 - Патентная документация

Объект исследования, его составные части	Вид и номер документа с двухбуквенным кодом страны	Наименование объекта интеллектуальной собственности	Заявитель (правообладатель)	Дата приоритета/дата публикации
Диатез	RU2089165C1	Способ профилактики и лечения инфекционных и аллергических заболеваний у детей раннего возраста	Н.И. Ахмина Л.В. Володина	26.09.1995/10.10.1997
Низкое содержание пуринов	JP2001275599A	Method for producing a soybean processing product with low purine content	Takaharu Yoshida Motohiko Hirotsuka	31.03.2000/13.02.2008
Подагра	EP2303302B1	A formula to relieve or prevent symptoms associated with uric acid crystals	Truscott, Kent Abernathy Susan	28.04.2009/06.07.2017

Снижение содержания пуринов	JP2011083276A	Method of reducing purine content of edible material	Jen-Tao Chen Chiou-Yen Wen Fang-Hwa Sheu Meng-Jen Tsai	10.05.2010/18.12.2013
Уровень мочевой кислоты в крови	CN114652756A	Seabuckthorn extract with gout preventing and treating effect and application thereof	Luo Mihui	15.03.2022/24.06.2022
Снижение мочевой кислоты	CN114507621B	A strain of Lactobacillus plantarum and its application in reducing uric acid, weight loss and anti-inflammation	Bunyong Han Li Yufan Choi Hua Lingslow cultivation Wu Huoling	23.02.2022/23.05.2023
Gout uric acid	CN119184686B	Gout detection hearing aid system using sweat sensor to monitor uric acid levels in real time	Shi Wendi, Wang Deyin, Zhou Shanchen, Yu Jing, Tu Lei	2024.11.26/2025.03.25

При проведения патентного поиска было рассмотрено более 30 патентов, для анализа использовано 10, наибольший интерес вызывают указанные 7.

Перспективами развития настоящего исследования мы считаем разработку рациона питания и создание продуктов для лиц, страдающих нарушением пуринового обмена.

Выводы. МК синтезируется преимущественно в печени и кишечнике, около 20% её поступает из продуктов, богатых пуринами. Поэтому именно они должны подвергаться контролю потребления человеком, страдающим заболеваниями, причиной которых является нарушения пуринового обмена. Ограничение в потреблении данных продуктов приводит к улучшению качества жизни человека, снижению массы тел, облегчения симптомов хронических заболеваний.

В заключении необходимо отметить, что несмотря на распространенность заболевания и неуклонно растущую статистику распространении заболевания в мире современном, наблюдается недостаточно серьезное отношение к контролю рациона питания среди населения.

Список литературы

1. Блинова Н. В. и др. Консенсус по ведению пациентов с гиперурикемией и высоким сердечно-сосудистым риском: 2025 //Системные гипертензии. – 2025. – Т. 22. – №. 2. – С. 5-17.
2. Власова Ж. А. Кефирный продукт, обогащенный экстрактом растений/ Ж.А. Власова // Известия Дагестанского ГАУ. – 2025. – №3(27). – С.128-136
3. Гордеев А. В. и др. Ревматоидный артрит и гиперурикемия. Последствия сосуществования //Современная ревматология. – 2025. – Т. 19. – №. 4. – С. 46-53.
4. Гуляев С. В., Чеботарева Н. В., Моисеев С. В. Подагра: от Гиппократа до наших дней //Терапевтический архив. – 2022. – Т. 94. – №. 12. – С. 1438-1441.
5. Жареникова, Н. В. Лопатинская, Ю. Е. Тугова Подагра – заболевание с тысячелетней историей // История и педагогика естествознания. – 2016. – №1.
6. Зокиров Н. З. и др. Генетически детерминированное нарушение обмена мочевой кислоты – Синдром Келли-Сигмиллера, осложнённое хронической болезнью почек. Случаи диагностики и комментарии // Актуальные вопросы педиатрической практики: сб. мат. IV науч.-практ. конф. – 2025. – С. 22.
7. Актуальные вопросы индустрии специализированного питания для особых групп населения / И.У. Кусова, Л.А. Крылова, О.А. Суворов [и др.] // Пищевая промышленность. – 2023. – № 12. – С. 17-25.
8. Насонова В. А., Барскова В. Г. Ранние диагностика и лечение подагры научно обоснованное требование улучшения трудового н жизненного прогноза больных //Научно-практическая ревматология. – 2004. – №. 1. – С. 5-7.
9. Патент RU2089165C1. Способ профилактики и лечения инфекционных и аллергических заболеваний у детей раннего возраста Заявитель: Н.И. Ахмина Л.В. Володина; опубл. 10.10.1997. Бюл. № 24
10. Певзнер. М. И. и др. Основы лечебного питания: МЕДГИЗ. – 1958. – С. 592.
11. Ровда Ю. И., Казакова Л. М. Пуриноз (нервно-артритический диатез) и некоторые заболевания у детей и взрослых (уратная нефропатия, подагра, артериальная гипертензия, ожирение, метаболический синдром, сахарный диабет 2-го типа) //Мать и дитя в Кузбассе. – 2003. – №. 4 (15). – С. 18-22.
12. Стародубова А. В. и др. Евразийские рекомендации по питанию при сердечно-сосудистых заболеваниях (2024 г.) //Евразийский кардиологический журнал. – 2024. – №. 4 (49). – С. 6-66.
13. Тимофеева А. А. и др. Синдром Леша–Нихена //Нервные болезни. – 2025. – №. 2. – С. 105-108.
14. Чигир Н. Н. Бессимптомная гиперурикемия у пациентов с коморбидностью. – 2024.
15. Швабская О.Б.Карамнова Н.С. Питание при гиперурикемии. Если повышен уровень мочевой кислоты. – ФГБУ «НМИЦ ТПМ» Минздрава России, 2023. – С.12

16. Яцева М. А. и др. Аутосомно-доминантная тубулоинтерстициальная болезнь почек у ребенка // Особенные клинические случаи в практике детского врача / под ред. А.П. Фисенко. – Череповец: ИП Мочалов С.В., 2025. – С. 46.

17. Alrouji M. et al. Role of uric acid in neurodegenerative diseases, focusing on Alzheimer and Parkinson disease: A new perspective //Neuropsychopharmacology reports. – 2024. – V. 44. – №. 3. – P. 639-649.

18. Bian X. et al. Protective effects and mechanisms of quercetin in animal models of hyperuricemia: A systematic review and meta-analysis //Pharmacological Research. – 2025. – P. 107665.

19. Chen Z. et al. Effect of low-purine diet on the serum uric acid of gout patients in different clinical subtypes: a prospective cohort study //European Journal of Medical Research. – 2024. – V. 29. – №. 1. – P. 449.

20. Cheng J. et al. Uric acid metabolism regulation mechanism by probiotics and prebiotics: from a new perspective //Trends in Food Science & Technology. – 2025. – P. 105076.

21. El Ridi R., Tallima H. Physiological functions and pathogenic potential of uric acid: A review //Journal of advanced research. – 2017. – V. 8. – №. 5. – P. 487-493.

22. Fountoulakis K. N. The Rise of a Legend: Lithium and the Extraordinary Story of Its Discovery //Pharmaceuticals. – 2025. – V. 18. – №. 8. – P. 1230.

23. Han Q. et al. Punicalagin attenuates hyperuricemia via restoring hyperuricemia-induced renal and intestinal dysfunctions //Journal of Advanced Research. – 2025. – V. 69. – P. 449-461.

24. Jantasaeng O. et al. Effects of low-purine diet supplemented with Sida acuta Burm. f. on growth performance, purine deposition, and biomolecules in slow-growing chickens //Animal Bioscience. – 2025. – V. 38. – №. 8. – P. 1756.

25. Kaneko K. et al. Daily Amount of Purine in Commonly Recommended Well-Balanced Diets in Japan and Overseas //Nutrients. – 2024. – V. 16. – №. 23. – P. 4066.

26. Mao H. et al. Exploring the relationship between circadian syndrome, serum uric acid levels, and hyperuricemia: evidence from NHANES 2005–2018 //Scientific Reports. – 2025. – V. 15. – №. 1. – P. 28984.

27. Patent CN114507621B. A strain of Lactobacillus plantarum and its application in reducing uric acid, weight loss and anti-inflammation. Bunyong Han Li; Yufan Choi; Hua Ling; Wu Huoling. 23.05.2023

28. Patent CN114652756A. Seabuckthorn extract with gout preventing and treating effect and application thereof. Luo Mihui 24.06.2022

29. Patent. CN119184686B. Gout detection hearing aid system using sweat sensor to monitor uric acid levels in real time. Shi Wendi, Wang Deyin, Zhou Shanchen, Yu Jing, Tu Lei. 2025.03.25

30. Patent. EP2303302B1. A formula to relieve or prevent symptoms associated with uric acid crystals. Truscott, Kent; Abernathy Susan. 06.07.2017

31. Patent. JP2001275599A. Method for producing a soybean processing product with low purine content. Takaharu Yoshida; Motohiko Hirotsuka 13.02.2008

32. Patent. JP2011083276A. Method of reducing purine content of edible material. Jen-Tao Chen; Chiou-Yen Wen; Fang-Hwa Sheu; Meng-Jen Tsai.18.12.2013

33. Semenov, G. V. Influence of Freezing and Drying on Phytochemical Properties of Various Fruit / G. V. Semenov, I. S. Krasnova, O. A. Suvorov [et al.] // Biosciences Biotechnology Research Asia. – 2015. – Vol. 12, N 2. – P. 1311–1320.

34. Song Y. et al. Dietary purines and health: Metabolism, impact, and regulation //Trends in Food Science & Technology. – 2025. – P. 105191.

35. Tan Y. et al. Relationship between phthalates exposures and hyperuricemia in US general population, a multi-cycle study of NHANES 2007–2016 //Science of the Total Environment. – 2023. – V. 859. – P. 160208.

36. Tariq M. A. et al. Serum uric acid–risk factor for acute ischemic stroke and poor outcomes //Cureus. – 2019. – V. 11. – №. 10.

37. Wang X. et al. Hyperuricemia in Chinese Patients with Mood Disorders: Prevalence, Related Factors, and Predictive Model //Neuropsychiatric Disease and Treatment. – 2025. – P. 1885-1897.

38. Wen S., Arakawa H., Tamai I. Uric acid in health and disease: From physiological functions to pathogenic mechanisms //Pharmacology & Therapeutics. – 2024. – V. 256. – P. 108615.

39. Xu L. et al. Targeting uric acid: a promising intervention against oxidative stress and neuroinflammation in neurodegenerative diseases //Cell Communication and Signaling. – 2025. – V. 23. – №. 1. – P. 4.

References

1. Blinova N. V. et al. Consensus on the management of patients with hyperuricemia and high cardiovascular risk: 2025 // Systemic hypertension. - 2025. - Vol. 22. - No. 2. - Pp. 5-17.

2. Vlasova Zh. A. Kefir product enriched with plant extract / Zh. A. Vlasova // Bulletin of the Dagestan State Agrarian University. - 2025. - No. 3 (27). - Pp. 128-136

3. Gordeev A. V. et al. Rheumatoid arthritis and hyperuricemia. Consequences of coexistence // Modern rheumatology. - 2025. - Vol. 19. - No. 4. - Pp. 46-53.

4. Gulyaev S. V., Chebotareva N. V., Moiseev S. V. Gout: from Hippocrates to the present day // Therapeutic archive. - 2022. - Vol. 94. - No. 12. - Pp. 1438-1441.

5. Zharenikova, N. V. Lopatinskaya, Yu. E. Tugova Gout – a disease with a thousand-year history // History and

pedagogy of natural science. - 2016. - No. 1.

6. Zokirov N. Z. et al. Genetically determined disorder of uric acid metabolism - Kelley-Seegmiller syndrome, complicated by chronic kidney disease. Diagnostic cases and comments // Current issues in pediatric practice: collection of materials from the IV scientific and practical conference. – 2025. – P. 22.

7. Current issues of the specialized nutrition industry for special population groups / I.U. Kusova, L.A. Krylova, O.A. Suvorov [et al.] // Food industry. – 2023. – No. 12. – P. 17-25.

8. Nasonova V.A., Barskova V.G. Early diagnosis and treatment of gout: a scientifically substantiated requirement for improving the work and life prognosis of patients // Scientific and practical rheumatology. - 2004. - No. 1. - P. 5-7.

9. Patent RU2089165C1. Method for the prevention and treatment of infectious and allergic diseases in young children Applicant: N.I. Akhmina L.V. Volodina; publ. 10.10.1997. Bulletin No. 24

10. Pevzner. M. I. et al. Fundamentals of therapeutic nutrition: MEDGIZ. - 1958. - P. 592.

11. Rovda Yu. I., Kazakova L. M. Purinosis (neuroarthritic diathesis) and some diseases in children and adults (urate nephropathy, gout, arterial hypertension, obesity, metabolic syndrome, type 2 diabetes mellitus) // Mother and Child in Kuzbass. - 2003. - No. 4 (15). - P. 18-22.

12. Starodubova A. V. et al. Eurasian recommendations on nutrition for cardiovascular diseases (2024) // Eurasian Journal of Cardiology. – 2024. – No. 4 (49). – P. 6-66.

13. Timofeeva A. A. et al. Lesch-Nyhan syndrome // Nervous diseases. – 2025. – No. 2. – P. 105-108.

14. Chigir N. N. Asymptomatic hyperuricemia in patients with comorbidity. – 2024.

15. Shvabskaya O. B. Karamnova N. S. Nutrition for hyperuricemia. If uric acid levels are elevated. – Federal State Budgetary Institution "National Medical Research Center of TPM" of the Ministry of Health of the Russian Federation, 2023. – P. 12

16. Yatseva M. A. et al. Autosomal dominant tubulointerstitial kidney disease in a child // Special clinical cases in the practice of a pediatrician / edited by A. P. Fisenko. – Cherepovets: IP Mochalov S.V., 2025. – P. 46.

17. Alrouji M. et al. Role of uric acid in neurodegenerative diseases, focusing on Alzheimer and Parkinson disease: A new perspective //Neuropsychopharmacology reports. – 2024. – V. 44. – No. 3. – P. 639-649.

18. Bian X. et al. Protective effects and mechanisms of quercetin in animal models of hyperuricemia: A systematic review and meta-analysis //Pharmacological Research. – 2025. – P. 107665.

19. Chen Z. et al. Effect of low-purine diet on the serum uric acid of gout patients in different clinical subtypes: a prospective cohort study //European Journal of Medical Research. – 2024. – V. 29. – No. 1. – P. 449.

20. Cheng J. et al. Uric acid metabolism regulation mechanism by probiotics and prebiotics: from a new perspective //Trends in Food Science & Technology. – 2025. – P. 105076.

21. El Ridi R., Tallima H. Physiological functions and pathogenic potential of uric acid: A review // Journal of advanced research. – 2017. – V. 8. – No. 5. – P. 487-493.

22. Fountoulakis K. N. The Rise of a Legend: Lithium and the Extraordinary Story of Its Discovery //Pharmaceuticals. – 2025. – V. 18. – No. 8. – P. 1230.

23. Han Q. et al. Punicalagin attenuates hyperuricemia via restoring hyperuricemia-induced renal and intestinal dysfunctions // Journal of Advanced Research. – 2025. – V. 69. – P. 449-461.

24. Jantasaeng O. et al. Effects of low-purine diet supplemented with Sida acuta Burm. f. on growth performance, purine deposition, and biomolecules in slow-growing chickens //Animal Bioscience. – 2025. – V. 38. – No. 8. – P. 1756.

25. Kaneko K. et al. Daily Amount of Purine in Commonly Recommended Well-Balanced Diets in Japan and Overseas //Nutrients. – 2024. – V. 16. – No. 23. – P. 4066.

26. Mao H. et al. Exploring the relationship between circadian syndrome, serum uric acid levels, and hyperuricemia: evidence from NHANES 2005–2018 // Scientific Reports. – 2025. – V. 15. – No. 1. – P. 28984.

27. Patent CN114507621B. A strain of Lactobacillus plantarum and its application in reducing uric acid, weight loss and anti-inflammation. Bunyong Han Li; Yufan Choi; Hua Ling; Wu Huoling. 05/23/2023

28. Patent CN114652756A. Seabuckthorn extract with gout preventing and treating effect and application thereof. Luo Mihui 06/24/2022

29. PatentCN119184686B. Gout detection hearing aid system using sweat sensor to monitor uric acid levels in real time. Shi Wendi, Wang Deyin, Zhou Shanchen, Yu Jing, Tu Lei. 2025.03.25

30. Patent. EP2303302B1. A formula to relieve or prevent symptoms associated with uric acid crystals. Truscott, Kent; Abernathy Susan. 07/06/2017

31. Patent. JP2001275599A. Method for producing a soybean processing product with low purine content. Takaharu Yoshida; Motohiko Hirotsuka 02/13/2008

32. Patent. JP2011083276A. Method of reducing purine content of edible material. Jen-Tao Chen; Chiou-Yen Wen; Fang-Hwa Sheu; Meng-Jen Tsai.12/18/2013

33. Semenov, G. V. Influence of Freezing and Drying on Phytochemical Properties of Various Fruit / G. V. Semenov, I. S. Krasnova, O. A. Suvorov [et al.] // Biosciences Biotechnology Research Asia. – 2015. – Vol. 12, N 2. – P. 1311–1320.

34. Song Y. et al. Dietary purines and health: Metabolism, impact, and regulation //Trends in Food Science & Technology. – 2025. – P. 105191.

35. Tan Y. et al. Relationship between phthalates exposures and hyperuricemia in the US general population, a multi-cycle study of NHANES 2007–2016 //Science of the Total Environment. – 2023. – V. 859. – P. 160208.

36. Tariq M. A. et al. Serum uric acid–risk factor for acute ischemic stroke and poor outcomes //Cureus. – 2019. – V. 11. – No. 10.

37. Wang X. et al. Hyperuricemia in Chinese Patients with Mood Disorders: Prevalence, Related Factors, and Predictive Model // Neuropsychiatric Disease and Treatment. – 2025. – P. 1885-1897.

38. Wen S., Arakawa H., Tamai I. Uric acid in health and disease: From physiological functions to pathogenic mechanisms //Pharmacology & Therapeutics. – 2024. – V. 256. – P. 108615.

39. Xu L. et al. Targeting uric acid: a promising intervention against oxidative stress and neuroinflammation in neurodegenerative diseases // Cell Communication and Signaling. – 2025. – V. 23. – No. 1. – P. 4.

10.52671/26867591_2026_1_381
664.8.036.26

ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНАЯ СТУПЕНЧАТАЯ СТЕРИЛИЗАЦИЯ КОМПОТА ИЗ АБРИКОСОВ В АППАРАТАХ ОТКРЫТОГО ТИПА С РЕЦИРКУЛЯЦИЕЙ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕЙ

ЯРАХМЕДОВА Д.А.[1], аспирант
ДЕМИРОВА А.Ф. [1], д-р техн. наук, профессор
АХМЕДОВ М.Э. [1], д-р техн. наук, профессор
ИСРИГОВА Т.А.[2], д-р с.-х. наук, профессор
АЛМАКСУДОВА К.К.[2], аспирант
[1]ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет», г. Махачкала, Россия
[2]ФГБОУ ВО «Дагестанский ГАУ, г. Махачкала, Россия

HIGH-TEMPERATURE STEP-BY-STEP STERILIZATION OF APRICOT COMPOTE IN OPEN-TYPE UNITS WITH HEAT CARRIER RECIRCULATION

YARAKHMEDOVA D.A. [1], postgraduate student
DEMIROVA A. F. [1], Doctor of Technical Sciences, Professor
AKHMEDOV M. E. [1], Doctor of Technical Sciences, Professor
ISRIGOVA T.A.[2], Doctor of Agricultural Sciences, Professor
ALMAKSUDOVA K.K.[2], postgraduate student
[1]Dagestan State Technical University, Makhachkala, Russia
[2]Dagestan State Agrarian University, Makhachkala, Russia

Аннотация. Представлены результаты исследований тепловой стерилизации компота из абрикосов с использованием нового способа стерилизации, основанного на применении ступенчатой тепловой обработки с рециркуляцией теплоносителей.

С учетом недостатков традиционного стерилизационного режима, на основе проведенных экспериментальных исследований, разработан новый ресурсосберегаемый режим ступенчатой высокотемпературной стерилизации компота из абрикосов в стеклобанке вместимостью 0,2 л с рециркуляцией теплоносителей, включающий СВЧ-обработку полуфабриката в банках перед укупоркой банок в течение 1,0 мин и доведением его начального температурного уровня до 85^0С с последующей установкой банок в универсальную автоклавную корзину, обеспечивающей механическое предотвращение срыва крышек и стерилизацией с использованием для нагрева раствора диметилсульфооксида температурой 105^0С. При этом, для интенсификации процесса стерилизации одновременно используются, как повышение начального температурного уровня полуфабриката до 85^0С, так и применение высокотемпературного теплоносителя температурой 105^0С.

Установлен новый режим тепловой стерилизации компота из абрикосов, который обеспечивают существенное сокращение продолжительности и тем самым и повышение пищевой ценности: содержание витамина С в компоте стерилизованном по новому стерилизационному режиму на 1,7 мг/% выше, чем в компоте стерилизованном по традиционной технологии, обеспечивая при этом и экономию и тепловой энергии и воды.

Компот абрикосовый, стерилизованный по разработанному режиму, по своим органолептическим и физико-химическим показателям соответствует требованиям ГОСТа на готовую продукцию.

Ключевые слова: абрикос, сорт, химический состав, пищевая ценность, ступенчатая стерилизация, технология.

Abstract. *The article presents the results of studies on thermal sterilization of apricot compote using a new sterilization method based on step-by-step thermal treatment with recirculation of heat carriers. Taking into account*

the disadvantages of the traditional sterilization regime, based on experimental studies, a new resource-saving mode of stepwise high-temperature sterilization of apricot compote in a 0.2-liter glass jar with recirculation of heat carriers has been developed, including microwave processing of the semi-finished product in cans before capping the cans for 1.0 minutes and bringing its initial temperature level to 850C, followed by installing the cans in a universal an autoclave basket, which provides mechanical prevention of the lids breaking off and sterilization using a 1050C dimethyl sulfoxide solution for heating. At the same time, to intensify the sterilization process, both an increase in the initial temperature level and.

A new thermal sterilization regime for apricot compote has been established, which significantly reduces the duration of the process and thereby increases the nutritional value of the product. The vitamin C content in the compote sterilized using the new sterilization regime is 1.7 mg/% higher than in the compote sterilized using traditional technology, while also saving both thermal energy and water. The apricot compote sterilized using the developed regime meets the requirements of the State Standard for finished products in terms of its organoleptic and physical-chemical properties.

Keywords: *apricot, variety, chemical composition, nutritional value, step-by-step sterilization, technology.*

Введение. Важную роль в обеспечении круглогодичного сбалансированного питания населения страны принадлежит консервированным пищевым продуктам.

К одним из ценных косточковых плодов, выращиваемых в Республике Дагестан, с достаточно высокой пищевой ценностью, обеспечиваемой относительно высоким содержанием сахаров, кислот, пектина, каротина, витаминов и минеральных веществ и при этом, еще с гармонично сочетающимся ароматом, является, абрикос. К тому же, плоды абрикоса употребляются в пищу, как в свежем виде, так и являются ценным сырьём для консервирования.

Целью исследований явилось усовершенствование технологии абрикосового компота с комплексным использованием повышения температурного уровня полуфабриката в стеклобанках перед стерилизацией в ЭМП СВЧ и ступенчатого высокотемпературного режима стерилизации с рециркуляцией теплоносителей, обеспечивающих максимальную сохранность пищевой ценности и потребительских свойств готовой продукции, а также экономию тепловой энергии и воды.

Объекты и методы исследований. Объектами исследований явились плоды абрикоса сорта Элита 9/5, традиционный и новый режим ступенчатой высокотемпературной стерилизации компота из абрикосов с повторным использованием теплоносителей.

Для изучения химического состава абрикоса применяли традиционные физико-химическими методы; СВЧ-обработку плодов осуществляли в микроволновой печи с регулируемой мощностью; вакуумирование плодов проводили в вакуум-шкафу; режим стерилизации разрабатывали с использованием самопищущего потенциометра КСП-4 и расчета величин стерилизующих эффектов, основываясь на экспериментальных значениях температуры продукта.

Результаты исследований. Сорт Элита 9/5 относится к сортам позднего срока созревания. Химический состав плодов абрикоса приведен в табл.1.

Таблица 1 – Химический состав плодов абрикоса

Сорт абрикоса	Сухие вещества, %	Сумма сахаров, %	Общая кислотность, %	Сахарокислотный индекс	Аскорбиновая кислота, мг%
Элита 9/5	14,2	10,8	1,80	6,0	16,5

Показатели таблицы 1 показывают, что сорт Уздень характеризуется достаточным содержанием растворимых сухих веществ, сахаров и витамина С.

Пищевая ценность консервированных компотов во многом зависит от совершенства технологии и способов, как предварительной, так и заключительной обработки плодов и полуфабриката [1-10].

Традиционная технология производства консервированных компотов [9] имеет ряд недостатков, в числе которых, как большая продолжительность стерилизационных режимов, так и существенная разность температурных уровней в периферийной и центральной областях банок с продуктом, которые в комплексе существенно снижают их пищевую ценность.

На основе анализа литературных источников, можно сделать вывод, что для обеспечения промышленной стерильности и безопасности консервированного абрикосового компота в стеклобанке вместимостью 0,2 л, укупоренные стеклобанки с продуктом устанавливают в автоклавную корзину и помещают в стерилизационный аппарат (автоклав), где осуществляют тепловую стерилизацию по режиму: $\frac{20-10-20}{100} \cdot 118$ кПа[8], где: 20 – продолжительность времени для нагрева теплоносителя (воды) до температуры стерилизации - 100°С, мин; 10 – продолжительность времени собственной

стерилизации, при достигнутой температуре стерилизации теплоносителя, мин; 20 – продолжительность времени снижения температуры теплоносителя до 35-40^{0}С, мин; 118 – противодавление в аппарате, создаваемое для предотвращения срыва крышек со стеклобанок при тепловой обработке. Общее время стерилизационного режима составляет 50 мин и кроме того, к характерным недостаткам можно отнести, как неравномерность теплового воздействия на продукт в самой банке, так и значительные расходы теплоты и охлаждающей воды, обусловленные тем, что после завершения процесса нагрева продукта, теплоноситель (вода) охлаждается до температуры 35-40^0, постепенно разбавляя горячую воду холодной и сливаемой в канализацию. При этом, более 40% используемой тепловой энергии расходуется на нагрев промежуточного теплоносителя (воды).

Предварительно нами исследован традиционный стерилизационный режим абрикосового компота в стеклобанке вместимостью 0,2 л [8].

Динамики температурного уровня и стерилизующих эффектов компота абрикосового в стеклобанках вместимостью 0,2 при стерилизации по традиционному режиму стерилизации $\frac{20-10-20}{100}$·118 кПа [9] изображены на рисунке 1.

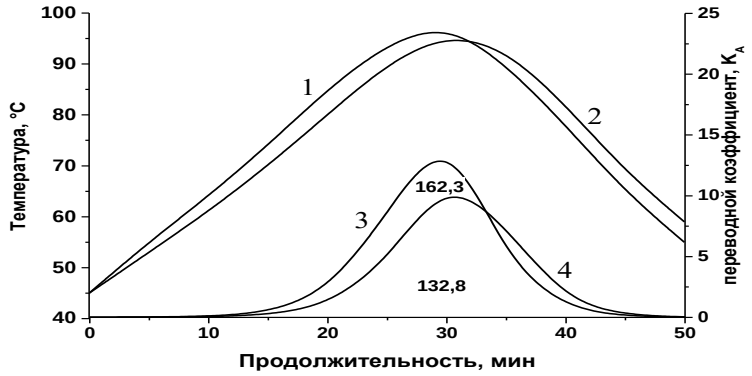


Рисунок 1–Динамика температурного уровня (1,2) и стерилизующих эффектов (3,4) в слоях компота абрикосового с интенсивным (1,3) и слабым (2,4) нагревом в стеклотаре емкостью 0,2 л стерилизуемого по традиционному режиму

Длительность режима стерилизации для стеклобанки вместимостью 0,2 л равна 50 минут и при этом, как видно из рисунка, для данного режима характерна и неравномерность теплового воздействия на отдельные слои продукта, составляющая более 4^{0}С. Кроме того, из рисунка видено, что полуфабрикат перед стерилизацией имеет и низкий начальный температурный уровень, равный 42^{0}С, что также является основной причиной большой продолжительности стерилизационного режима.

Одним из важнейших факторов повышения пищевой ценности консервируемой продукции является максимальное снижение наличия остаточного кислорода в банке с консервируемым продуктом, большое количество которого активизирует окислительные процессы, которым подвергаются, прежде всего, витамины [9,10].

С учетом недостатков традиционного стерилизационного режима, на основе проведенных экспериментальных исследований нами разработан новый ресурсосберегаемый режим ступенчатой высокотемпературной стерилизации компота из абрикосов в стеклобанке вместимостью 0,2 л с рециркуляцией теплоносителей, включающий СВЧ-обработку полуфабриката в банках перед укупоркой банок в течение 1,0 мин и доведением его начального температурного уровня до 85^{0}С с последующей установкой банок в универсальную автоклавную корзину [7], обеспечивающей механическое предотвращение срыва крышек и стерилизацией с использованием для нагрева раствора диметилсульфооксида температурой 105^{0}С. В предлагаемом способе интенсификации процесса стерилизации одновременно используются, как повышение начального температурного уровня полуфабриката до 85^{0}С, так и применение высокотемпературного теплоносителя температурой 105^{0}С.

Динамики температурного уровня и стерилизующих эффектов при стерилизации компота абрикосового в стеклобанках вместимостью 0,2 л в аппаратах открытого типа по высокотемпературному ступенчатому режиму с рециркуляцией теплоносителей по новому стерилизационному режиму $85 \cdot \frac{10}{105} \cdot \frac{6}{80} \cdot \frac{6}{60} \cdot \frac{8}{40}$с использованием автоклавной корзины с механической герметизацией стеклобанок в процессе тепловой стерилизации [7,8], показаны на рисунке 2, где 85 – начальный температурный уровень полуфабриката перед стерилизацией,^{0}С; 12 – продолжительность периода нагрева консервируемого продукта в растворе диметилсульфооксида при температуре 105^{0}С, мин; 6, 6 и 8 – длительности периодов охлаждения в воде с температурами соответственно 80, 60 и 40^{0}С, мин.



Рисунок 2–Динамика изменения температуры (1,2) и вымирания микроорганизмов (3,4) в слоях с интенсивным (1,3) и слабым (2,4) нагревом компота из абрикосов в стеклотаре емкостью 0,2 л при ступенчатой высокотемпературной стерилизации с рециркуляцией теплоносителей

Как показывает анализ кривых прогреваемости, режим обеспечивает сокращение продолжительности тепловой обработки на 20 мин, а величины стерилизующих эффектов центральной и периферийной точек, равные соответственно 155,5 и 145,9 условных мин свидетельствуют о том, что режим обеспечивает выпуск качественной продукции, удовлетворяющей требованиям промышленной стерильности и микробиологической безопасности готовой продукции. Кроме того, из-за высокого начального температурного уровня полуфабриката, превышающего почти на 30^0С начальный температурный уровень полуфабриката при стерилизации по традиционной технологии, несколько, почти на 2^0С, снижается температурная разница между периферийным и серединными областями продукта, что способствует равномерности теплового воздействия по всему объему банки. Как видно из рисунка, величины стерилизующих эффектов нового режима несколько ниже, чем при стерилизации по традиционному режиму, что свидетельствуют о том, что продукт подвергается щадящему тепловому воздействию, обеспечивая при этом промышленную стерильность и микробиологическую безопасность.

На рисунке 3 представлены результаты исследований содержания аскорбиновой кислоты (витамина С) в компоте из абрикосов в зависимости от технологии их производства.

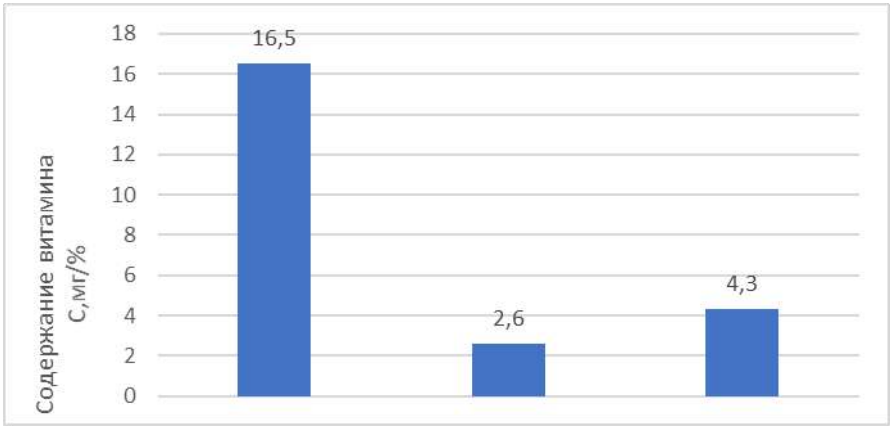


Рисунок 3 – Содержание витамина С (мг/%) в исходном сырье и компоте из абрикосов: 1 – в исходном сырье; 2 – в компоте, стерилизованном по традиционной технологии; 3 – в компоте стерилизованном по новому режиму

Как видно из рисунков 2 и 3, новый способ стерилизации обеспечивает, как сокращение продолжительности тепловой обработки на 20 мин, но и выпуск продукции, обогащенной биологически активными компонентами: содержание витамина С в компоте стерилизованном по новому стерилизационному режиму на 1,7 мг/% выше, чем в компоте стерилизованном по традиционной технологии, обеспечивая при этом и экономию и тепловой энергии и воды.

Выводы. Анализируя результаты выполненных исследований, можно сделать вывод о

высокой эффективности предлагаемых технических решений, внедрение которых позволит существенно повысить конкурентоспособность и пищевую ценность консервированных компотов из абрикосов. Ступенчатая стерилизация с рециркуляцией теплоносителей обеспечивает экономию тепловой энергии более 40%, так как при стерилизации по традиционной технологии промежуточный теплоноситель (вода), с достаточно высоким, по завершении процесса нагрева, разбавляется холодной водой и выливается в канализацию. По новому стерилизационному режиму, теплоносители после использования обратно перекачивают в накопительные емкости с нагревательными элементами для поддержания их температуры ив последующем многократно используются для стерилизации очередных партий консервируемой продукции. Новый режим стерилизации, за счет сокращения продолжительности теплового воздействия на продукт обеспечивает сохранение витамина С более чем на 2,0 мг/% выше, чем в компоте, стерилизованном по традиционной технологии.

Список литературы

1. Азадова Э.Ф., Ахмедов М.Э., Демирова А.Ф. Использование электромагнитного поля СВЧ при производстве консервов для детского питания // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2015. – №5. – С.55-57.

2.Ахмедов М.Э. Интенсификация технологии тепловой стерилизации консервов «Компот из яблок» с предварительным подогревом плодов в ЭМП СВЧ //Известия вузов. Пищевая технология. – 2008. – № 1. – С. 15-16.

3.Ахмедов М.Э., Демирова А.Ф., Султанахмедов Ф.Г. Способ производства компота из яблок // Патент РФ № 2829597 Опубл. 01.11.2024.

4. Бабарин В.П. Тепловая стерилизация плодоовощных консервов: дис. …д-ра техн. наук. – М., 1994. – 400 с.

5.Демирова А.Ф., Ахмедов М.Э., Ярахмедова Д.А. Аппарат для ступенчатой стерилизации консервируемых продуктов // Патент РФ на полезную модель №231912, Опубл.18.05.2025.

6. Демирова А.Ф., Ахмедов М.Э., Исмаилов Т.А. Стерилизация компотов в стеклянной таре СКО 1-82-1000 со ступенчатым нагревом и охлаждением в статическом состоянии // Известия вузов. Пищевая технология. – 2010. – № 4. – С.88-90.

7. Демирова А.Ф., Исмаилов Т.А., Ахмедов М.Э. Ротационный ступенчатый нагрев компотов в горячей воде с воздушным и воздушно-водоиспарительным охлаждением консервов. // Известия вузов. Пищевая технология. – 2010. – № 6. – С. 90.

8.Ильясова С. А., Ахмедов М.Э., Касьянов Г.И. Новые технические и технологические решения производства абрикосового компота с высоким нутриентным составом // Пищевая промышленность. – 2022. – №7. – С.85-88.

9. Патент РФ на полезную модель №183292 МПК A23L3/000. Автоклавная корзина /Ахмедов М.Э., Демирова А.Ф., Догеев Г.Д., Рахманова М.М., Алибекова М.М. Заявка № 2021104506, заявлено 24.02.2021, опубликовано 25.05.2023, бюл.№15.

10. Патент на полезную модель RU 231912 МПК A23*B*7/005Аппарат для ступенчатой стерилизации консервируемых продуктов / Демирова А.Ф., Ахмедов М.Э., Ярахмедова Д.А. Заявка № 2024114323, заявлено 27.05.2024, бюл. №5.

11.Сборник технологических инструкций по производству консервов. – М.: 1977. – Т. 2. – 431 с.

12.Флауменбаум Б.Л. Танчев С.С. Гришин М.А. Основы стерилизации пищевых продуктов. – М. Агропромиздат: 1986. – С. 488

13. Alskog L. Sterilization of foods containing particles // «Recent developments in aseptic technology». Conference, United Kingdom, 4-6 Dec., 1989, 26 pp.

14.Barefoot S.F., Tai H.Y., Brandon S.C., Thomas R.L. Production of microbiologically stable apple juice by metallic membrane ultrafiltration // «Joumal of Food Science», 1989, v.54, № 2, pp.408-411.

15.Renard, C. M. G. C., Maingonnat, J. F. (2012). Thermal processing of fruits and fruit juices. In D. W. Sun (Ed.), Thermal Food Processing: New Technologies and Quality Issues (second ed., pp. 413–440): Taylor & Francis.

References

1. Azadova E.F., Akhmedov M.E., Demirova A.F. Use of a Microwave Electromagnetic Field in the Production of Canned Baby Food // Storage and Processing of Agricultural Raw Materials. - 2015. - No. 5. - Pp. 55-57.

2. Akhmedov M.E. Intensification of the Technology of Thermal Sterilization of Canned Food "Apple Compote" with Preheating of Fruit in a Microwave Electromagnetic Field // News of Universities. Food Technology. - 2008. - No. 1. - Pp. 15-16.

3. Akhmedov M.E., Demirova A.F., Sultanakhmedov F.G. Method for the Production of Apple Compote // Russian Federation Patent No. 2829597 Published 01.11.2024.

4. Babarin V.P. Thermal sterilization of canned fruits and vegetables: dis. ... Doctor of Engineering Sciences. - Moscow, 1994. - 400 p.

5. Demirova A.F., Akhmedov M.E., Yarakhmedova D.A. Apparatus for step-by-step sterilization of canned products // Russian Federation Patent for Utility Model No. 231912, Published May 18, 2025.

6. Demirova A.F., Akhmedov M.E., Ismailov T.A. Sterilization of compotes in glass containers SKO 1-82-1000 with step-by-step heating and cooling in a static state // News of universities. Food technology. - 2010. - No. 4. - P. 88-90. 7. Demirova A.F., Ismailov T.A., Akhmedov M.E. Rotary stepwise heating of compotes in hot water with air and air-water evaporative cooling of canned goods. // News of universities. Food technology. - 2010. - No. 6. - P. 90.

8. Ilyasova S.A., Akhmedov M.E., Kasyanov G.I. New technical and technological solutions for the production of apricot compote with a high nutrient composition // Food industry. - 2022. - No. 7. - P. 85-88.

9. Russian Federation Patent for Utility Model No. 183292 IPC A23L3/000. Autoclave basket / Akhmedov M.E., Demirova A.F., Dogeev G.D., Rakhmanova M.M., Alibekova M.M. Application No. 2021104506, filed on February 24, 2021, published on May 25, 2023, Bulletin No. 15.

10. Utility Model Patent RU 231912 IPC A23B7/005 Apparatus for step-by-step sterilization of canned products / Demirova A.F., Akhmedov M.E., Yarakhmedova D.A. Application No. 2024114323, filed on May 27, 2024, Bulletin No. 5.

11. Collection of technological instructions for the production of canned goods. – Moscow: 1977. – Vol. 2. – 431 p.

12. Flaumenbaum B.L., Tanchev S.S., Grishin M.A. Fundamentals of Food Sterilization. – Moscow: Agropromizdat: 1986. – P. 488

13. Alskog L. Sterilization of foods containing particles // "Recent developments in aseptic technology". Conference, United Kingdom, 4-6 December, 1989, 26 pp.

14. Barefoot S.F., Tai H.Y., Brandon S.C., Thomas R.L. Production of microbiologically stable apple juice by metallic membrane ultrafiltration // "Journal of Food Science", 1989, v.54, No. 2, pp. 408-411.

15.Renard, C. M. G. C., Maingonnat, J. F. (2012). Thermal processing of fruits and fruit juices. In D. W. Sun (Ed.), Thermal Food Processing: New Technologies and Quality Issues (second ed., pp. 413–440): Taylor & Francis.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Абдулвалеев Р.Р., Абдулвалеева Г.Р., Ватракшина Е.Г., Ахияров Б.Г., Ватракшин С.Н., Ахиярова Л.М., Черкашина А.Г.,	ФГБОУ ВО Башкирский государственный аграрный университет, 450005, г. Уфа 50 летия Октября 34. Эл.почта: rishatkim@mail.ru Тел: 89270871171
Астарханова Т С., Астарханов И. Р., Терентьева Т. С.	ФГБОУ ВО Дагестанский ГАУ, 367032, г. Махачкала, ул. М. Гаджиева 180. Эл.почта: tamara-ast@mail.ru Тел: 89688691802
Бахмудов Р.Б.	ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, 196601, Санкт-Петербург, Пушкин, Петербургское шоссе 2. Эл.почта: rus.bakhmudov@bk.ru Тел: 89697171519
Бочкарев Е.А.	ГБУ СО «Научно-исследовательский институт садоводства и лекарственных растений «Жигулевские сады», 443072, Самарская область, городской округ Самара, Кировский внутригородской район г. Самара, тер. Опытная станция по садоводству, здание 100. Эл.почта: b_zemlya@mail.ru Тел: 89879288102
Джанаев Р.Б., Магомедова Д.С., Курбанов С.А.	ФГБОУ ВО Дагестанский ГАУ, 367032, г. Махачкала, ул. М. Гаджиева 180. Эл.почта: rasul_rasul9797@mail.ru Тел: 89288033373
Дзармотов С.И., Хамхоев Б.И., Хашагульгов У.А., Дзармотова З.И., Дзармотов М.Б.	ФГБОУ ВО Ингушский государственный университет, 386001, Республика Ингушетия, город Магас, пр-кт И. Зязикова, д. 7. Эл.почта: sult36@mail.ru Тел: 89888065494
Дудаева А.С., Баташов Т.А., Мехтиев А., Батукаев М.С.	ФГБНУ «Чеченский научно-исследовательский институт сельского хозяйства», 366021. г.Грозный, п.Элипханова, ул.Лиловая,1 Эл.почта: dudaeva888@mail.ru / batukaevmalik@mail.ru Тел: 89630644474
Ефремова И.Г., Кибальник О.П., Семин Д.С.	ФГБНУ «Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт сорго и кукурузы», 410050 г. Саратов, 1-й Институтский проезд, д. 4. Эл.почта: efremova-irina1946irina@yandex.ru Тел: 89372684857
Исмаилов И.С., Мустафаев Г.М., Караев М.К.	ФГБОУ ВО Дагестанский ГАУ, 367032, г. Махачкала, ул. М. Гаджиева 180.
Курбанов С.А., Магомедов Н.Р., Магомедов Н.Н.	ФГБОУ ВО Дагестанский ГАУ, 367032, г. Махачкала, ул. М. Гаджиева 180. Эл.почта: niva1956@mail.ru
Леймоева А.Ю., Тангиева Я.М., Касиева Л.Х., Гумукова Л.А.	ФГБОУ ВО «Ингушский государственный университет», 386132, Республика Ингушетия, г. Назрань, Гамурзиевский округ, ул. Магистральная, 39«а», Корпус 3Д. 386201, Республика Ингушетия, г. Сунжа, ул. Осканова, д. 50. Эл.почта: leimo_2010@mail.ru Тел: 89626420170
Магомедов К. А., Астарханова Т.С.	ФГБОУ ВО Дагестанский ГАУ, 367032, г. Махачкала, ул. М. Гаджиева 180. Эл.почта: tamara-ast@mail.ru Тел: 89688691802
Мартынова Н.А., Сорокопудов В.Н., Захарова Н.Н.	ФГАОУ ВО Белгородский государственный национальный исследовательский университет, 308015, г. Белгород, ул. Победы 85. Эл.почта: martynova@bsuedu.ru Тел: 89205723198
Ниджляева И.А., Очирова Е.Н., Мороз Н.Н., Тюлюмджиева О.С., Очиров В.В.	ФГБОУ ВО «Калмыцкий государственный университет им. Б.Б. Городовикова, 358000 , респ. Калмыкия, г. Элиста, ул. Пушкина 11. Эл.почта: nidzhlyaeva@mail.ru Тел: 89064371434
Николаев Н.В., Бухарина И.Л., Федоров А.В., Ленточкин А.М., Леконцева Т.Г.	ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный аграрный университет», 426069, Удмуртская Республика, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11. Эл.почта: cipripedium@yandex.ru Тел: 89127458192
Османов Р. М., Гамидова Н. Х., Тажудинова З. Ш.	Горный ботанический сад – обособленное подразделение Дагестанского ФИЦ РАН, РФ, 367030 , респ. Дагестан, г. Махачкала, ул. Ярагского, д. 75. Эл.почта: ru.osmanov@mail.ru Тел: 89389868980
Павлова О.А., Сорокопудов В. Н.	ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН, структурное подразделение Свердловская ССС, 620076, Свердловская область, г. Екатеринбург, ул. Щербакова, 147. Эл.почта: pavlova.olga.81@gmail.com Тел: 89058088914
Скок А. В., Гороховцев А.О., Сорокопудов В. Н.	ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», 241037 , г. Брянск, пр-т Станке Димитрова, 3. Эл.почта: s.anna.v@mail.ru Тел: 89206002834

Халилова К.М., Маликова Н.М., Халилова М.М., Халилов М.Б.	ФГБОУ ВО Дагестанский ГАУ, 367032, г. Махачкала, ул. М. Гаджиева 180. Эл.почта: khalilov625@mail.ru Тел: 89604126042
Эржибов А.Х., Ханиева И.М., Бербеков К.З., Шонтуков Э.З., Ездемир И.Е.	ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет,360030 , КБР, г. Нальчик. Эл.почта: aslan-01.75@mail.ru Тел: 89626511424
Бадова О.В., Бурцева Т.В., Курочкина Н.Г.	ФГБОУ ВО Уральский государственный аграрный университет, 620000 Свердловская область, г. Екатеринбург, ул. Карла Либкнехта, стр. 42. Эл.почта: nadindom_1993@mail.ru Тел: 89028735871
Баратов М.О., Сакидибиров О.П.	«Прикаспийский ЗНИВИ - филиал ФГБНУ ФАНЦ РД», 367000, Республика Дагестан, г. Махачкала,ул. Дахадаева 88. Эл.почта: alama500@rambler.ru Тел: 89285010948
Горшунова С.В., Смирнова Е.А., Бузмакова Н.А.	ФГБОУ ВО МГАВМиБ – МВА имени К.И. Скрябина, Москва 109472 , ул. Академика Скрябина д.23. Эл.почта: gorshunova.s.v@yandex.ru Тел: 89873702824
Зубаирова М.М., Гунашев Ш.А.	ФГБОУ ВО Дагестанский ГАУ, 367032, г. Махачкала, ул. М. Гаджиева 180.
Карнаев И.А., Шихшабекова Б.И.	ФГБОУ ВО Дагестанский ГАУ, 367032, г. Махачкала, ул. М. Гаджиева 180. Эл.почта: idriskarnaev1@gmail.com
Лашин А.П., Максимов Н.И., Сыроватский М.В.	ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ, 675005, Дальневосточный федеральный округ, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Политехническая 86. Эл.почта: ant.lashin@yandex.ru Тел: 9246774149
Максимов Н.И., Сыроватский М.В., Брусник А.А.	ФГБОУ ВО МГАВМиБ – МВА имени К.И. Скрябина, 109472, г. Москва, ул. Академика Скрябина, д. 23. Эл.почта: Kit4862@mail.ru Тел: 89246773220
Смирнова Е.А., Горшунова С.В., Бузмакова Н.А.	ФГБОУ ВО МГАВМиБ – МВА имени К.И. Скрябина, 109472 , ул. Академика Скрябина д.23. Эл.почта: e.smirnova.a@gmail.com Тел: 89104468718
Ахмедов М.Э., Демирова А.Ф., Исригова Т.А., Салманов М.М., Керимханова Р.Н.	ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет, 367026, Республика Дагестан, г. Махачкала, просп. Имама Шамиля, д. 70
Беспалова О. В., Соколов А. Ю.	ФГБОУ ВО «Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова», 115054, г. Москва, Стремянный пер. 36. Эл.почта: Sokolov.AY@rea.ru Тел: 89168101930
Бодров А. Ю., Кощина Е. И., Нафикова А. Р., Илларионова О. В., Нигматзянов А. С.	ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет», 450001,Приволжский федеральный округ, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34. Эл.почта: bodrov@mail.ru Тел: 89174731152
Гаджибабаев Г.Р.	ФГБОУ ВО Дагестанский ГАУ, 367032, г. Махачкала, ул. М. Гаджиева 180. Эл.почта: gadjibabaevgr@mail.ru Тел: 89285581059
Галушко А. О., Шабанова А. Е., Хайбуллина А. Р., Зинина О. В., Вишнякова Е. А.	ФГАОУ ВО Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет), 454080 Челябинск, проспект Ленина, 76. Эл.почта: anastasiagalushko316@gmail.com Тел: 89090743096
Ганенко С.В., Лукин А.А., Будилин В.Н., Селимова У.А.	ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет» (ЮУрГАУ), г. Челябинск, РФ. Эл.почта: serganix@mail.ru
Гриценко А.В., Старунов А.В., Лукин А.А., Бурцев А.Ю., Дружков К.К.	ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет» (ЮУрГАУ), г. Челябинск, РФ. Эл.почта: alexgrits13@mail.ru;
Ибрагимова Л. Р.	ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет, 367026, Республика Дагестан, г. Махачкала, просп. Имама Шамиля, д. 70. Эл.почта: ibragimorva@bk.ru Тел: 89286737441
Исригова Т.А., Лукин А.А., Салманов М.М., Омариева Л.В., Селимова У.А., Штриккер Л.А., Рашидова Р.А., Алигазиева П.А., Дабузова Г.А., Гаджиев А.Г., Хириев М.М.	ФГБОУ ВО Дагестанский ГАУ, 367032, г. Махачкала, ул. М. Гаджиева 180. Эл.почта: isrigova@mail.ru

Канарейкина С.Г., Канарейкин В.И., Гарипова А. Ф., Салихова Г.Г., Салихов А.Р.	ФГБОУ ВО Башкирский государственный аграрный университет, 450001 Республика Башкортостан, г. Уфа, ул.50-летия Октября,34. Эл.почта: kanareikina48@mail.ru Тел: 89638969085
Кокиева Г.Е., Степанова С.В., Охлопкова М.К., Федорова А.Я., Прокопьева С.И.	ФГБОУ ВО Бурятская сельскохозяйственная академия, 670010, Россия, Республика Бурятия, г. Улан-Удэ, ул. Пушкина, 8. Эл.почта: kokievagalia@mail.ru Тел: 89248666537
Латыпова Р.Р., Баязитова Н.Р., Кощина Е.И., Бадамшина Е.В., Мартынов В.М.	ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет», 450001,Приволжский федеральный округ, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34. Эл.почта: latypova.ruzalina@mail.ru Тел: 89961042184
Магомедов Ф.М., Меликов И.М., Абачараев И.М., Гасанова Э.С., Магомедова Н.Ф.	ФГБОУ ВО Дагестанский ГАУ, 367032, г. Махачкала, ул. М. Гаджиева 180. Эл.почта: fahr-59@yandex.ru Тел: 9640031777
Нафикова А.Р., Кощина Е.И., Нигматзянов А.С., Бодров А.Ю., Илларионова О.В.	ФГБОУ ВО Башкирский государственный аграрный университет, 450001, Приволжский федеральный округ, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул.50-летия Октября, 34. Эл.почта: aigoul.nafikova@gmail.com Тел: 89603864388
Одинцов Г.К., Калинина И.В., Пакичев А.С.	Национальный исследовательский университет ИТМО, 197101, г. Санкт-Петербург, Кронверкский проспект, д. 49. Эл.почта: georgy.poluyan@gmail.com Тел: 89531351812
Откосова Т.В., Мальцева В.Н., Пискарева А. В., Суворов О.А.	Пущинский филиал «Российского биотехнологического университета» (РОСБИОТЕХ), 142290, Московская обл., г.о. Серпухов, г. Пущино, проспект Науки, д. 3. Эл.почта: otkosovatv@mgupp.ru Тел: 89050370537
Присяжная С.П., Присяжная И.М., Панасюк А.Н., Чурилова К.С.	ФГБНУ Федеральный Научный Центр «Всероссийский научно-исследовательский институт сои», г. Благовещенск, Амурская обл., Россия, 675027, улица Игнатьевское шоссе дом 19. Эл.почта: irenpris@mail.ru.
Рашидова Р.А., Исригова Т.А., Салманов М.М., Лукин А.А., Селимова У.А., Мусаева Н.М.	ФГБОУ ВО Дагестанский ГАУ, 367032, г. Махачкала, ул. М. Гаджиева 180.
Родиков С.А., Болдырев Д.О.	ФБГОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет», 393760, Тамбовская обл., г. Мичуринск, ул. Интернациональная, д. 101. Эл.почта: rsa_rih@mail.ru Тел. 89051240379
Сулейманова З.Г., Ахмедов М.Э., Демирова А.Ф., Исригова Т.А., Гаджиева А.М., Селимова У.А.	ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет, 367026, Республика Дагестан, г. Махачкала, просп. Имама Шамиля, д. 70
Таран А.А., Федотова Н.А., Жукова Д.В., Суворов О.А.	Российский биотехнологический университет, 125080, г.Москва, Волоколамское шоссе д.11. Эл.почта: Andrey.taran1912@gmail.com
Фаталиев Н.Г.	ФГБОУ ВО Дагестанский ГАУ, 367032, г. Махачкала, ул. М. Гаджиева 180. Эл.почта: fatnov@mail.ru Тел: 89288702275
Халилов М.Б., Сулейманов С.А., Абдулнатипов М.Г.	ФГБОУ ВО Дагестанский ГАУ, 367032, г. Махачкала, ул. М. Гаджиева 180. Эл.почта: khalilov625@mail.ru Тел: 89604126042
Хамицаева А.С., Лохова С.С., Цаллаева Л.Б., Исригова Т.А., Тедеева Ф.Л.	ФГБОУ ВО «Горский государственный аграрный университет», 362013 , респ. РСО-Алания, г.Владикавказ, ул. Мичурина 22. Эл.почта: allahamicaeva@ mail.ru Тел: 89034833663
Чекаурова М.С., Комогорцева П. А., Лебедев В. Д., Андреева А. А., Суворов О. А.	ФГБОУ ВО «Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)», 125080, г. Москва, Волоколамское шоссе, дом 11. Эл.почта: mascha4e@mail.ru Тел: 89065260481
Ярахмедова Д.А., Демирова А.Ф., Ахмедов М.Э., Исригова Т.А., Алмаксудова К.К.	ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет, 367026, Республика Дагестан, г. Махачкала, просп. Имама Шамиля, д. 70

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ НАУЧНЫХ СТАТЕЙ В ЖУРНАЛЕ «ИЗВЕСТИЯ ДАГЕСТАНСКОГО ГАУ»

Важным условием для принятия статей в журнал «**ИЗВЕСТИЯ ДАГЕСТАНСКОГО ГАУ**» является их соответствие нижеперечисленным правилам. При наличии отклонений от них направленные материалы рассматриваться не будут. В этом случае редакция обязуется оповестить о своем решении авторов не позднее, чем через 1 месяц со дня их получения. Оригиналы и копии присланных статей авторам не возвращаются. Материалы должны присылаться по адресу: 367032, Республика Дагестан, г. Махачкала, ул. М. Гаджиева, 180. Тел./факс: (8722) 67-92-44; 89604145018; E-mail: isrigova@mail.ru

Редакция рекомендует авторам присылать статьи по электронной почте: isrigova@mail.ru Электронный вариант статьи рассматривается как оригинал, в связи с чем авторам рекомендуется перед отправкой материалов в редакцию проверить соответствие текста требованиям к публикациям, размещенным на сайте: ej-daggau.ru; даггау.рф

Статья может содержать до 10-15 машинописных страниц (18 тыс. знаков с пробелами), включая рисунки, таблицы и список литературы. Электронный вариант статьи должен быть подготовлен в виде файла MSWord-2000 и следующих версий в формате *.doc для ОС Windows и содержать текст статьи и весь иллюстрированный материал (фотографии, графики, таблицы) с подписями.

Правила оформления статьи.

1. Все элементы статьи должны быть оформлены в следующем формате:

А. Шрифт: Times New Roman, размер 14,

Б. Абзац: отступ слева 1 см, справа 0 см, перед и после 0 см, выравнивание – по ширине, а заголовки и названия разделов статьи – по центру, межстрочный интервал – одинарный

В. Поля страницы: слева и справа по 2 см, сверху 2 см, снизу 2 см.

Г. Текст на английском языке должен иметь начертание «курсив»

2. Обязательные элементы статьи и порядок их расположения на листе:

УДК – выравнивание слева

Следующей строкой заголовок: начертание – «полужирное», ВСЕ ПРОПИСНЫЕ, выравнивание – по центру.

Через строку авторы: начертание – «полужирное», ВСЕ ПРОПИСНЫЕ, выравнивание – слева, в начале фамилия, потом инициалы, далее регалии строчными буквами.

Следующей строкой дается место работы.

Например:

АХМЕДОВ М. М., канд. экон. наук, доцент

ФГБОУ ВО «Дагестанский ГАУ», г. Махачкала

Если авторов несколько и у них разное место работы, верхним индексом отмечается фамилия и соответствующее место работы, например:

АХМЕДОВ М.М.[1], канд. экон. наук, доцент

МАГОМЕДОВ А.А.[2], д-р экон. наук, профессор

[1]ФГБОУ ВО «Дагестанский ГАУ», г. Махачкала

[2]ФГБОУ ВО «ДГУ», г. Махачкала

Далее через интервал: **Аннотация**. Текст аннотации в формате, как указано в 1-м пункте настоящих правил.

Следующей строкой: **Ключевые слова.** Несколько (6-10) ключевых слов, связанных с темой статьи, в формате, как указано в 1-м пункте настоящего правила.

Следующей строкой: **Abstract.** Текст аннотации на английском языке в формате, как указано в 1-м пункте настоящего правила.

Следующей строкой: **Keywords.** Несколько (6-10) ключевых слов на английском языке, связанных с темой статьи, в формате, как указано в 1-м пункте настоящих правил.

Далее через интервал текст статьи в формате, как указано в 1-м пункте настоящего правила.

В тексте не даются концевые сноски типа - 1, сноску необходимо внести в список литературы, а в тексте в квадратных скобках указать порядковый номер источника из списка литературы [4]. Если это просто уточнение или справка, дать ее в скобках после соответствующего текста в статье (это уточнение или справка).

Таблицы

Заголовок таблицы: Начинается со слова «Таблица» и номера таблицы, тире и с большой буквы название таблицы. Шрифт: размер 14, полужирный, выравнивание – по центру; межстрочный интервал – одинарный, например:

Таблица 1 – Название таблицы

№п/п	Наименование показателя	Количество действующего вещества		Влияние на урожайность, кг/га
		грамм	%	
1	Суперфосфат кальция	0,5	0,1	10
2	и т.д.			

Шрифт: Размер шрифта в таблицах может быть меньше чем 14, но не больше.

Абзац: отступ слева 0 см, справа 0 см, перед и после 0 см, выравнивание – по необходимости, названия граф в шапке – по центру, межстрочный интервал – одинарный.

Таблицы не надо рисовать, их надо вставлять с указанием количества строк и столбцов, а затем регулировать ширину столбцов.

Рисунки, схемы, диаграммы и прочие графические изображения:

Все графические изображения должны представлять собой единый объект в рамках полей документа. Не допускается внедрение объектов из сторонних программ, например, внедрение диаграммы из MS Excel и пр.

Не допускаются схемы, составленные с использованием таблиц. Графический объект должен быть подписан следующим образом:

Рисунок 1 – Результат воздействия гербицидов, надпись под рисунком или диаграммой.

Графический объект должен иметь следующее форматирование: Шрифт - размер 14, Times New Roman, начертание – полужирное, выравнивание – по центру, межстрочный интервал – одинарный.

Все формулы должны быть вставлены через редактор формул. Не допускаются формулы, введенные посредством таблиц, записями в двух строках с подчеркиванием и другими способами, кроме как с использованием редактора формул.

При **изложении материала** следует придерживаться стандартного построения научной статьи: введение, материалы и методы, результаты исследований, обсуждение результатов, выводы, рекомендации, список литературы.

Статья должна представлять собой законченное исследование. Кроме того, публикуются работы аналитического, обзорного характера.

Ссылки на первоисточники расставляются по тексту в цифровом обозначении в квадратных скобках. Номер ссылки должен соответствовать цитируемому автору. Цитируемые авторы располагаются в разделе «Список литературы» в алфавитном порядке (российские, затем зарубежные). Представленные в «Списке литературы» ссылки должны быть полными, и их оформление должно соответствовать ГОСТ Р 7.0.5-2008. Количество ссылок должно быть не менее 15.

Каждая статья, присланная для размещения в электронном сетевом журнале «Известия Дагестанского ГАУ», должна сопровождаться:

1. Сопроводительным письмом на имя главного редактора журнала Исриговой Т.А.

- Фамилия, имя, отчество каждого автора статьи с указанием названия учреждения, где работает автор, его должности, научных степеней, званий и контактной информации (адрес, телефон, e-mail) на русском и английском языках.
- Полное название статьи на русском и английском языках.
- Дата отправки материалов.

2. Согласие на публикацию и обработку персональных данных авторов статей в журнале «Известия Дагестанского ГАУ» Образец согласия на сайте **https://ej-daggau.ru/ ;**

https://ej-daggau.ru/ru/avtoram/obraztsy-dokumentov

***Аннотация должна иметь следующую структуру**

- **Предмет** или **Цель работы**.
- **Метод** или **Методология** проведения работы.
- **Результаты** работы.
- **Область применения** результатов.
- **Выводы (Заключение).**

Статья должна иметь следующую структуру.

- Введение.
- Методы исследований (основная информативная часть работы, в т.ч. аналитика, с помощью которой получены соответствующие результаты).
- Результаты.
- Выводы (Заключение)

Список литературы

Рецензирование статей

Все материалы, подаваемые в журнал, рецензируются по схеме слепого рецензирования. Рецензирование проводят ведущие профильные специалисты (доктора наук, кандидаты наук). По результатам рецензирования редакция журнала принимает решение о возможности публикации данного материала:

- принять к публикации без изменений;
- принять к публикации с корректировкой и изменениями, предложенными рецензентом или редактором (согласуется с автором);
- отказать в публикации (полное несоответствие требованиям журнала и его тематике; наличие идентичной публикации в другом издании; явная недостоверность представленных материалов; явное отсутствие новизны, значимости работы и т.д.); рецензии хранятся в редакции 5 лет.

Редакция издания направляет копии рецензий в Минобрнауки РФ при поступлении соответствующего запроса.

+Требования к оформлению пристатейного списка литературы в соответствии с требованиями ВАК и Scopus.

Список литературы подается на русском языке и в романском (латинском) алфавите (References in Romanscript).

Список литературы должен содержать не менее 15 источников. Рекомендуется приводить ссылки на публикации в зарубежных периодических изданиях, не менее 3.

В списке литературы самоцитирования должны сооставлять не более 30 %.

Не допускаются ссылки на учебники, учебные пособия и авторефераты диссертаций.

Возраст ссылок на российские периодические издания не должен превышать 3–5 лет. Ссылки на старые источники должны быть логически обоснованы.

Не рекомендуются ссылки на диссертации (малодоступные источники). Вместо ссылок на диссертации рекомендуется приводить ссылки на статьи, опубликованные по результатам диссертационной работы в периодических изданиях. В романском алфавите приводится перевод названия диссертации.

Ссылки на нормативную документацию желательно включать в текст статьи или выносить в сноски.

В ссылке на патенты в романском алфавите обязательно приводится транслитерация и перевод (в квадратных скобках) названия.

Рекомендуемое количество авторов не более 5 человек.

Известия Дагестанского ГАУ
Ежеквартальный электронный научный
сетевой журнал
№ 1 (29), 2026
Ответственный редактор Селимова У.А.
Компьютерная верстка Санникова Е.В.
Корректор Гасанов Х.М.
Дата выхода: 31.03.2026 г.