



Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Северо-Кавказский федеральный научный центр
садоводства, виноградарства, виноделия»

АКТУАЛЬНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ В АГРАРНОЙ НАУКЕ: СЕЛЕКЦИЯ, ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, БИОЗАЩИТА И ПЕРЕРАБОТКА ПРОДУКЦИИ

Материалы XV Всероссийской
научно-практической конференции
молодых ученых
(25 сентября 2025 года)

Электронный сборник материалов

Краснодар
2025

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства,
виноградарства, виноделия»

**АКТУАЛЬНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ
В АГРАРНОЙ НАУКЕ:
СЕЛЕКЦИЯ, ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ,
БИОЗАЩИТА И ПЕРЕРАБОТКА ПРОДУКЦИИ**

*Материалы XV Всероссийской
научно-практической конференции молодых ученых
(25 сентября 2025 года)*

Электронный сборник материалов

**Краснодар
2025**

УДК 001:631.52:632:664

ББК 72/41.4/44/65.9

А 38

Редакционная коллегия:

Е.А. Егоров, академик РАН, д-р экон. наук, профессор, советник ФГБНУ СКФНЦСВВ

Д.Э. Руссо, канд. с.-х. наук, и.о. директора ФГБНУ СКФНЦСВВ

И.А. Ильина, д-р техн. наук, профессор, заместитель директора по научной работе
ФГБНУ СКФНЦСВВ

Е.Н. Якименко, канд. с.-х. наук, технический редактор научных изданий
ФГБНУ СКФНЦСВВ

А.А. Храпов, канд. техн. наук, председатель Совета молодых ученых ФГБНУ СКФНЦСВВ

Е.В. Лободина, канд. техн. наук, руководитель сектора научно-организационной работы
Совета молодых ученых ФГБНУ СКФНЦСВВ

Рецензенты:

В.С. Петров, д-р с.-х. наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории управления
воспроизводством в ампелоценозах и экосистемах ФГБНУ СКФНЦСВВ

С.Н. Щеглов, д-р биол. наук, профессор кафедры генетики, микробиологии
и биотехнологии биологического факультета ФГБОУ ВО КубГУ

А 38 **Актуальные направления в аграрной науке: селекция, цифровые технологии, биозащита и переработка продукции:** электронный сборник материалов XV Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, 25 сентября 2025 г. – Краснодар: ФГБНУ СКФНЦСВВ, 2025. – 137 с.
ISBN 978-5-98272-173-0

В сборнике опубликованы материалы XV Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых «Актуальные направления в аграрной науке: селекция, цифровые технологии, биозащита и переработка продукции», проведенной в дистанционном режиме на сайте ФГБНУ СКФНЦСВВ <https://kubansad.ru>.

В издании представлены результаты научных изысканий по актуальным проблемам современного растениеводства. Освещены вопросы генетики, селекции и семеноводства сельскохозяйственных культур, внедрения агро-, био- и цифровых технологий в производство, разработки и применения природоподобных средств защиты растений для повышения устойчивости агроэкосистем, а также биотехнологические аспекты хранения и переработки продукции с целью обеспечения её качества и безопасности. Издание предназначено для научных сотрудников, аспирантов, преподавателей и студентов аграрных вузов, а также специалистов-практиков в области селекции, защиты растений, агротехнологий и пищевых биотехнологий.

Current trends in agricultural science: breeding, digital technologies, biosecurity and product processing: electronic collection of materials of the XV All-Russian Scientific and Practical Conference of Young Scientists, September 25, 2025. – Krasnodar: FSBSI NCF SCHVW, 2025. – 137 p.

The collection contains the materials of the XV All-Russian Scientific and Practical Conference of Young Scientists «Current trends in agricultural science: breeding, digital technologies, biosecurity and product processing», held remotely on the website of FSBSI NCF SCHVW <https://kubansad.ru>.

This publication presents the results of scientific research on topical issues of modern crop production. The issues of genetics, breeding and seed production of agricultural crops, the introduction of agro-, bio- and digital technologies into production, the development and use of nature-like plant protection products to increase the sustainability of agroecosystems, as well as biotechnological aspects of product storage and processing in order to ensure its quality and safety are highlighted. The publication is intended for researchers, postgraduates, teachers and students of agricultural universities, as well as practitioners in the field of breeding, plant protection, agrotechnology and food biotechnology.

ISBN 978-5-98272-173-0

© ФГБНУ СКФНЦСВВ, 2025

© Авторы статей, 2025

Содержание

СЕКЦИЯ 1. ГЕНЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ, СОРТОИЗУЧЕНИЕ И СЕЛЕКЦИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР.....	5
Куксин И.Н., Викторова Н.Г., Рыжакова А.М. Геномное редактирование в сельском хозяйстве: правовые рамки в мире и риски.....	5
Ермоленко К.А., Щегольков А.В., Перфильев Р.Н. Ассоциация гена GMSWEET39 с содержанием белка в семенах сои в двух агроэкологических регионах России.....	10
Пистун О.Г., Королёва С.В. Влияние условий выращивания на продуктивность гибридов перца сладкого.....	15
Перегонцев И.А., Пролётова Н.В. Подготовка семян к посеву и рост растений льна-долгунца.....	19
Зайцева Н.А., Климова И.И., Дьяков А.С., Зайцев С.В. Сравнительная оценка хозяйственно ценных признаков интродуцированных сортов сафлора в богарных условиях Астраханской области.....	28
Вишневских Я.Н., Рзаева В.В. Фенологические фазы роста и развития сортов тыквы в условиях Тюменской области.....	33
Пирогова Е.А. Сравнительная характеристика сортов рапса озимого по продуктивности и сахаристости нектара.....	37
Шогенов Ю.М., Бозиев Т.А. Обеспечение высокой урожайности гибридов кукурузы и их родительских форм путем интегрированной борьбы с сорняками в Кабардино-Балкарии.....	42
Перфильева Н.И. Изменения растений пшеницы под влиянием химических мутагенов.....	47
Козина Т. Д., Ильницкая Е. Т., Макаркина М.В., Кожевников Е.А. Выявление перспективных для селекции сортов винограда с геном устойчивости к милдью <i>Rpv3</i>	53
СЕКЦИЯ 2. АГРО-, БИО- И ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ МНОГОЛЕТНИХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР.....	57
Аныев Д.Б. Оптимизация дефицитного орошения хлопчатника в северном Туркменистане с использованием модели AquaCrop.....	57
Лексина А.В., Селюк М.П., Мармулева Е.Ю. Оценка популяции энтомофагов в посеве козлятника в северной лесостепи Приобья.....	61
Рулёва А.В., Селюк М.П., Мармулева Е.Ю. Биологическое разнообразие фитофагов яруса травостоя в агроценозе <i>Galega orientalis</i> Linnaeus.....	64
Оплачко Е.А. Совершенствование приемов формирования крон яблони отечественных сортов в насаждениях безопорной конструкции на фоне применения биостимуляторов.....	67

СЕКЦИЯ 3. ПРИРОДОПОДОБНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЗАЩИТЕ РАСТЕНИЙ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОГО ФИТОСАНИТАРНОГО СОСТОЯНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ ПРОДУКЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА МНОГОЛЕТНИХ АГРОЭКОСИСТЕМ.....	79
Поликарпов А.С. Влияние микроэлементного питания на эффективность инсектицидной защиты масличных культур в условиях дерново-подзолистых почв.....	79
Руденко В.Д., Кустадинчев А.Д., Ковынев И.В., Письменная П.А., Яхник Я.В., Волкова Г.В. Влияние биопрепаратов на основе грибов рода <i>Trichoderma</i> на урожайность ячменя озимого.....	85
Сундырева М.А., Луцкий Е.О., Баранов М.О. Влияние засухи, высокой температуры и их комбинации на адаптационные процессы винограда.....	90
Воробьев К.М., Джалилов Ф.С.-У. Методы диагностики возбудителя ржаво-бурой бактериальной пятнистости сои <i>Curtobacterium flaccumfaciens</i> pv. <i>flaccumfaciens</i>	97
Хохлова О.И., Шевчук О.М. Разработка и оценка эффективности биопрепарата на основе эфирных масел против земляничного клеща (<i>Tarsonemus Pallidus</i> Banks) на декоративных растениях.....	101
Трошин К.С., Чебаненко С.И. Изучение распространения возбудителя ржаво-бурой бактериальной пятнистости и увядания фасоли и сои <i>Curtobacterium flaccumfaciens</i> : от первых описаний до современных эпифитотий.....	104
Гасюк О.А., Смолич О.С., Астапчук И.Л. Изучение эндофитной микрофлоры винограда с признаками бактериального рака.....	109
СЕКЦИЯ 4. БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ ХРАНЕНИЯ, ПЕРЕРАБОТКИ СЕЛЬХОЗПРОДУКЦИИ И МОНИТОРИНГА ЕЁ БЕЗОПАСНОСТИ И ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ СВОЙСТВ.....	114
Чернявская Ю.Н., Яковлева Т.В. Обоснование состава антимикробного пленкообразующего покрытия для томатов свежих.....	114
Котвицкая Д.В., Першакова Т.В. Динамика изменений цвета в процессе уваривания пюре из сладкого перца и пюре из яблок.....	119
Эспиноса Арсате Синтия Вероника, Евдокимова О.В., Елфимова Е.А. Особенности технологий и показателей качества мексиканских кетчупов.....	124
Балян К.Д., Слипченко Е. В. Биохимическое обоснование использования сельдерея в разработке функционального напитка.....	128
Кушнарeva А.И., Дешева В.В., Николаенко С.Н. Обзор сывороточного напитка, обогащенного пропионовокислыми бактериями, и его функциональное влияние.....	135

СЕКЦИЯ 1. ГЕНЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ, СОРТОИЗУЧЕНИЕ И СЕЛЕКЦИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

УДК 339

ГЕНОМНОЕ РЕДАКТИРОВАНИЕ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ: ПРАВОВЫЕ РАМКИ В МИРЕ И РИСКИ

Куксин И.Н., д-р юрид. наук., профессор, координатор секции
по вопросам обеспечения прав и свобод гражданина в уголовном процессе
Экспертного совета при Уполномоченном по правам человека в Российской Федерации¹

Викторова Н.Г., д-р экон. наук, профессор²

Рыжакова А.М., магистр ветеринарно-санитарной экспертизы³

¹Московский городской педагогический университет (Москва)

²Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
(Санкт-Петербург)

³Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины
(Санкт-Петербург)

Реферат. В статье исследуются правовые аспекты применения технологий геномного редактирования в сельском хозяйстве, включая сравнительный анализ регуляторных подходов и оценку их влияния на инновации. Рассматриваются ключевые риски: экологические последствия, социально-экономическое неравенство и проблемы общественного восприятия. На основе анализа нормативных актов и кейсов коммерциализации предложены принципы гармонизации законодательства. Особое внимание уделено необходимости адаптивных правовых рамок, ориентированных на продукт, а не технологию. Исследование демонстрирует, что устойчивое внедрение геномного редактирования требует баланса между научно обоснованным регулированием, прозрачностью и международной координацией.

Ключевые слова: геномное редактирование, ГМО, сельское хозяйство, правовое регулирование, окружающая среда, стейкхолдер

Summary. The article examines the legal aspects of the application of genome editing technologies in agriculture, including a comparative analysis of regulatory approaches and an assessment of their impact on innovation. Key risks are considered: environmental impacts, socio-economic inequality and public perception issues. Based on the analysis of regulations and commercialization cases, principles for harmonization of legislation are proposed. Particular attention is paid to the need for an adaptive legal framework focused on the product, not the technology. The study demonstrates that sustainable implementation of genome editing requires a balance between science-based regulation, transparency and international coordination.

Keywords: genome editing, GMOs, agriculture, legal regulation, environment, stakeholder

Введение. Редактирование генома в сельском хозяйстве обладает огромным потенциалом для повышения производства продовольствия и устойчивости, но также вызывает серьезные правовые, этические и социальные проблемы. В то время как некоторые регионы приняли редактирование генома с относительно гибким регулированием, в других сохраняется более строгий надзор, что приводит к

несогласованности в мировой торговле и препятствует инновациям. Риски включают потенциальное воздействие на окружающую среду, социально-экономическое неравенство и трудности в обеспечении общественного доверия и принятия. Надежная и адаптивная правовая база имеет решающее значение для максимизации преимуществ редактирования генома, одновременно снижая потенциальные риски и способствуя ответственным инновациям в сельском хозяйстве.

Объекты и методы исследования. Объекты исследования включают законодательные системы ЕС и США, коммерческие примеры генно-модифицированных организмов, регулирующие органы и потенциальные социально-экономические последствия. Методы основаны на сравнительном анализе правовых актов, изучении кейсов внедрения технологий, экспертной оценке экологических и социальных рисков, а также социологических данных о восприятии инноваций. Анализ документов и конкретных примеров выявляет противоречия в регулировании, в то время как прогностические модели оценивают последствия гармонизации стандартов. Исследование сочетает юридический, экологический и социальный подходы для комплексной оценки перспектив и вызовов геномного редактирования. Ключевая цель — определить оптимальные правовые механизмы, балансирующие инновации и предосторожность.

Обсуждение результатов. Глобальные правила редактирования генома значительно различаются: в некоторых странах организмы с отредактированным геномом рассматриваются как генетически модифицированные организмы (ГМО), в то время как другие применяют более гибкие подходы. Например, Европейский союз, как правило, регулирует организмы с отредактированным геномом как ГМО, в то время как некоторые страны Африки, Азии и Латинской Америки внедрили более гибкие правила. Акцент на характеристиках, а не на процессе. Многие страны переходят к оценке генно-отредактированных продуктов на основе их характеристик, а не процесса, использованного для их создания, что может привести к более упорядоченному регулированию определенных типов редактирования.

В США Министерство сельского хозяйства (USDA), Агентство по охране окружающей среды (EPA), Управление по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов (FDA) являются тремя главными ведомствами, осуществляющими контроль и регулирование биотехнологической продукции. Основная цель этих организаций — гарантировать безопасность геномной инженерии растений, животных и микроорганизмов не только для здоровья человека, но и для окружающей среды и сельского хозяйства. Система регулирования биотехнологий была введена в 1986 году, за которой в последующие годы последовало несколько этапов изменений [1]. За последние десятилетия были разработаны три основных принципа:

1. Биотехнологическая продукция не обязательно отличается от обычной.
2. Регулирование должно быть ориентировано на продукцию, а не на процессы.
3. Регулирование должно основываться на использовании.

В 2020 году Министерство сельского хозяйства США (USDA) завершило разработку рамочного документа под названием «Перемещение некоторых генетически модифицированных организмов» (также известного как Регламент биотехнологии SECURE). В соответствии с новым регламентом растения, которые в противном случае могли бы быть выведены путем традиционной селекции, не будут подлежать дополнительному регулированию [2]. Агентство по охране окружающей среды (EPA) приняло решение об исключении определенного класса средств защиты растений, разработанных с применением методов геномного редактирования, из категории

регулируемых генетически модифицированных организмов. Данное решение способствовало активизации научных исследований в области создания продуктов с отредактированным геномом и дальнейшему совершенствованию технологий генной инженерии [3]. Ранее, в 2019 году, Управление по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов (FDA) выступило с инициативой о переходе от процесс-ориентированной системы регулирования к новой модели, основанной на принципах оценки потенциальных рисков. Хотя многие учёные предлагают передать надзор за трансгенными или отредактированными животными Министерству сельского хозяйства США (USDA), новое управление по-прежнему основано на прежней системе регулирования. На сегодняшний день в США коммерчески доступны три вида животных с отредактированным геномом: трансгенный лосось с более высокой скоростью роста, трансгенная свинья с низкой склонностью к аллергии и короткошерстная и термоустойчивая корова с отредактированным геномом [4,5,6]. В отличие от США, где регулирование биотехнологий ориентировано на продукт, в других областях, таких как обращение с побочными продуктами животноводства в российской юрисдикции, сохраняется процессуальный подход, что подчеркивает необходимость унификации критериев [7].

В ЕС редактирование генов в сельском хозяйстве в настоящее время регулируется действующим законодательством о генетически модифицированных организмах (ГМО) в соответствии с решением Европейского суда от 2018 года. В соответствии с действующими нормами, растения, полученные методом генного редактирования, проходят такую же строгую оценку рисков, проверку безопасности и процедуру лицензирования, как и традиционные генетически модифицированные организмы. Несмотря на то, что действующее законодательство формально не запрещает применение технологий генного редактирования, существующая многоступенчатая система регулирования, включающая длительные процедуры оценки и согласований, формирует существенные барьеры для коммерциализации полученных таким образом сельскохозяйственных культур. [8].

Процесс регулирования включает несколько ключевых этапов. Основой служит Директива по ГМО 2001 года, дополненная позднейшими поправками и подзаконными актами, которая устанавливает правовые рамки для всех генетически модифицированных организмов, включая те, что созданы с помощью современных методов редактирования генома. В рамках Европейского Союза реализована строгая в международной практике система регулирования генетически модифицированных организмов. Основопологающими принципами данного регулирования выступают: обеспечение биологической безопасности для населения и животных, а также поддержание экологического баланса. В соответствии с установленными нормативно-правовыми требованиями, все генетически модифицированные сельскохозяйственные культуры, включая продукты геномного редактирования подлежат обязательной процедуре: комплексной научной экспертизе потенциальных рисков, официальной сертификации уполномоченными регуляторными органами. Только после успешного прохождения указанных этапов допускается промышленное возделывание и коммерческая реализация таких культур.

Также, ЕС требует прослеживаемости и маркировки ГМО, включая генетически отредактированные культуры, для обеспечения прозрачности и предоставления потребителям возможности делать осознанный выбор [9].

Однако, стоит отметить, что, учитывая максимальную прозрачность, прослеживаемость и многоуровневый контроль за процессами редактирования генома нельзя дистанцировать возникающие риски:

1) Воздействие на окружающую среду:

Существуют опасения относительно возможных непреднамеренных экологических последствий в результате выпуска генно-модифицированных организмов, таких как развитие устойчивости к гербицидам у сорняков или воздействие на нецелевые организмы.

2) Социально-экономические последствия:

Редактирование генома может усугубить существующее неравенство в сельском хозяйстве, потенциально выгодное для крупномасштабного промышленного сельского хозяйства и в то же время, наносящее ущерб мелким фермерам или фермерам в развивающихся странах.

3) Неопределенность и оценка рисков:

Быстрые темпы развития технологий редактирования генома могут опережать способность систем регулирования эффективно оценивать и управлять потенциальными рисками.

Редактирование генома в сельском хозяйстве представляет собой мощный инструмент для решения глобальных проблем продовольственной безопасности, устойчивого развития и адаптации к изменению климата. Однако его применение сопряжено с комплексом правовых, экологических и социально-экономических вызовов.

Вывод. Как показывает анализ, регулирование этой технологии в мире остается крайне неоднородным: от жестких ограничений в ЕС, приравнивающих редактирование генома к ГМО, до более гибких подходов в США и ряде развивающихся стран, ориентированных на конечные характеристики продукта. Такая разрозненность создает барьеры для международной торговли и инноваций, требуя гармонизации законодательств на основе научно обоснованных принципов. Ключевые риски – потенциальное воздействие на экосистемы, углубление неравенства в агросфере – должны быть учтены в правовых рамках. К примеру, как показано в исследованиях по аккредитации ветеринарных лабораторий, прозрачность стандартов и контроль за их соблюдением критически важны для минимизации рисков в чувствительных к регулированию отраслях [10]. Оптимальная модель регулирования, как демонстрирует опыт США, предполагает:

- ориентацию на продукт, а не на технологию его создания;
- гибкость, позволяющую адаптировать правила к быстро развивающимся методам редактирования;
- прозрачность и вовлечение стейкхолдеров для повышения общественного принятия.

Для реализации потенциала геномного редактирования необходимы:

- 1) Международные стандарты оценки рисков,
- 2) Стимулы для ответственных инноваций (например, ускоренные процедуры для культур с доказанной безопасностью),
- 3) Просветительские кампании, разъясняющие преимущества и митигирующие страхи.

Баланс между технологическим прогрессом и предосторожностью возможен лишь при условии динамичного, но взвешенного правового регулирования, основанного на науке, а не политических или лоббистских повестках. Будущее сельского хозяйства зависит от способности законодателей найти этот баланс.

Литература

1. Agricultural Biotechnology: Overview, Regulation, and Selected Policy Issues (2025), [Электронный ресурс] URL: <https://www.congress.gov/crs-product/R46737> (дата обращения 08.08.2025)
2. APHIS. Movement of certain genetically engineered organisms. 2020.
3. EPA-HQ-OPP-2019-0508-0122, Pesticides: Exemptions of certain plant-incorporated protectants derived from newer technologies. 2023.
4. FDA. Aquadvantage salmon fact sheet, us food & drug administration. 2013.
5. FDA. GalSafe® Pigs Environmental Assessment. 2020.
6. FDA. Decision regarding slick-haired cattle is agency's first enforcement discretion decision for an Intentional Genomic Alteration in an Animal for Food Use. 2022.
7. Шухов, Ф. Г. Правовые основы обращения с побочными продуктами животноводства / Ф. Г. Шухов, А. В. Рытченко // Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии. – 2023. – № 1. – С. 14-17. – DOI 10.52419/issn2782-6252.2023.1.14.
8. New genomic techniques European Commission study and first reactions [Электронный ресурс] URL: [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2021/698760/EPRS_BRI\(2021\)698760_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2021/698760/EPRS_BRI(2021)698760_EN.pdf) (дата обращения: 08.08.2025)
9. Traceability and labelling [Электронный ресурс] URL: https://food.ec.europa.eu/plants/genetically-modified-organisms/traceability-and-labelling_en#:~:text=GM%2Dfree%20labelling-,What%20is%20traceability?,to%20the%20environment%20is%20detected. (дата обращения: 08.08.2025)
10. Шухов, Ф. Г. Актуализация требований по аккредитации лабораторий в области ветеринарии / Ф. Г. Шухов, М. В. Виноходова // Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии. – 2023. – № 3. – С. 20-23. – DOI 10.52419/issn2782-6252.2023.3.20.

УДК 633.34

**АССОЦИАЦИЯ ГЕНА *GmSWEET39* С СОДЕРЖАНИЕМ БЕЛКА
В СЕМЕНАХ СОИ В ДВУХ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИХ РЕГИОНАХ РОССИИ****Ермоленко К.А.**, младший научный сотрудник отдела селекции¹**Щегольников А.В.**, канд. с.-х. наук, начальник отдела селекции¹**Перфильев Р.Н.**, младший научный сотрудник²¹ООО Компания «СОКО» (Краснодар), e-mail: info@co-ko.ru²ФИЦ ИЦиГ СО РАН (Новосибирск), e-mail: icg-adm@bionet.nsc.ru

Реферат. В статье приведено исследование о взаимосвязи гена *GmSWEET39* с содержанием белка в семенах сои (*Glycine max*). Эксперимент проводился на 68 сортообразцах сои, различающихся по наличию аллеля *GmSWEET39* (CC+ и CC–), в двух агроэкологических регионах России – Краснодарском крае и Липецкой области. Результаты показали, что высокобелковый аллель CC+ ассоциирован с повышенным на 1,8–2,3 % уровнем белка в семенах в сравнении с низкобелковым аллелем CC–, что согласуется с ролью *GmSWEET39* в биосинтезе аминокислот. Таким образом, *GmSWEET39* представляет интерес как ген для использования в маркер-ассоциированной селекции для создания сортов сои с улучшенным химическим составом семян.

Ключевые слова: *GmSWEET39*, молекулярные маркеры, соя.

Summary. The article presents a study on the relationship between the *GmSWEET39* gene and protein content in soybean seeds (*Glycine max*). The experiment was conducted on 68 soybean varieties differing in the presence of the *GmSWEET39* allele (CC+ and CC–) in two agroecological regions of Russia: Krasnodar Krai and Lipetsk Oblast. The results showed that the high-protein CC+ allele is associated with a 1.8–2.3 % increase in protein content in seeds compared to the low-protein CC– allele, which is consistent with the role of *GmSWEET39* in amino acid biosynthesis. Thus, *GmSWEET39* is of interest as a gene for use in marker-assisted selection to create soybean varieties with improved seed chemical composition.

Keywords: *GmSWEET39*, molecular markers, soybean.

Введение. За последние 60 лет площадь посевов сои (*Glycine max* L. Merr.) в мире увеличилась более чем в пять раз и в настоящее время достигла рекордного уровня, составляя около 130 млн. га [1]. За тот же период средняя урожайность сои в мире увеличилась в 2,6 раза и достигла пикового значения, превысив 2,6 т/га [1]. Рост производства обусловлен высоким спросом. Большая часть соевых бобов (около 76 %) в настоящее время используется в качестве корма для животных [3]. Высокое содержание белка делает соевые бобы богатым источником незаменимых аминокислот по сравнению с другими культурами. Соя служит основным белковым сырьем для сельскохозяйственных животных. Помимо белка, семена сои также содержат углеводы, масла, и различные функциональные вещества, что делает их ценным источником питания. Хотя соевые бобы обладают множеством полезных для здоровья свойств [4], только относительно небольшой процент (около 6 %) используется в пищу человеку. В связи с высоким спросом на белковые корма и растительные масла ожидается, что мировое производство соевых бобов будет увеличиваться на 6 % ежегодно.

Для семян сои характерно высокое содержание как белка, так и масла, что делает их ценным источником питания и промышленного сырья. Однако между накоплением этих двух компонентов часто наблюдается обратная зависимость [13]. Понимание физиологических механизмов, лежащих в основе этой взаимосвязи, является ключевым для селекции и оптимизации агротехнологий. Основной физиологический фактор, ограничивающий одновременное накопление белка и масла, – это конкуренция за общие метаболические ресурсы, включая углерод, азот и энергию. Углеводы, образуемые в процессе фотосинтеза, могут быть использованы как для создания жиров, так и для биосинтеза белков [4]. Синтез масла требует значительных затрат энергии, что ограничивает энергетическую доступность для аминокислотного метаболизма [1]. С другой стороны, накопление белка тесно связано с активностью ферментов, участвующих в усвоении и переработке азота [11]. В сортах сои с высокой масличностью наблюдается снижение экспрессии генов, связанных с азотным метаболизмом, и повышение экспрессии жиросинтезирующих белков [7]. Физиологическое состояние растения, включая водный стресс, фотопериод и старение листьев, также может изменять приоритеты в распределении ресурсов [10]. Таким образом, негативная взаимосвязь содержания масла и белка у сои обусловлена конкуренцией за метаболиты, энергетические ресурсы и сигнальные пути, что объясняет устойчивую отрицательную корреляцию между этими двумя признаками.

В настоящее время у сои известно большое количество QTLs, ассоциированных с содержанием белка и масла в семенах. Из всех этих QTLs, два локуса расположенные на хромосомах 15 и 20 имеют самый сильный эффект на оба данных признака [2]. Недавно было установлено, что локус на хромосоме 15, кодирует ген *GmSWEET39* (*Sugars Will Eventually be Exported Transporters 39*). Как оказалось, у гена *GmSWEET39* произошла делеция двух цитозинов (аллель CC-), которая приводит к сдвигу рамки считывания и укорачивает длину кодируемого белка. Укороченная форма белка, по-видимому, лучше переносит углеводы от материнских клеток боба к зародышу семени, и в результате семена накапливают больше масла, но имеют пониженное содержание белка. В процессе domestikации и селекции сои, аллель CC- подвергся сильному положительному отбору и в результате почти все возделываемые сорта сои несут данный аллель. В настоящее время, появился запрос на создание сортов сои с повышенным содержанием белка, и аллель дикого типа (CC+), ассоциированный с высоким содержанием белка, представляет интерес как перспективная мишень для улучшения сортов сои [9].

Объекты и методы исследований. Исследования проводились в период с 2020 года по 2021 год на выборке из рабочей коллекции ООО «СОКО», состоящей из 68 скороспелых сортообразцов сои селекции разных стран. Генотипы были выращены по традиционным для Динского района Краснодарского края и Хлебенского района Липецкой области технологиям возделывания в соответствующих регионах. Анализ содержания белка в семенах сои проводился на базе ООО Компания «СОКО» с помощью спектрометра TANGO Bruker. ДНК была выделена на базе ИЦиГ СО РАН из молодых листьев растений с помощью стандартного протокола с СТАВ буфером. Для определения основных аллелей по гену *GmSWEET39* использовали разработанный ранее dCAPS маркер [6].

Обсуждения результатов. Полученные данные свидетельствуют о наличии положительной взаимосвязи между наличием гена *GmSWEET39* и повышенным содержанием белка в семенах сои. Во всех исследуемых условиях как в Краснодарском крае, так и в Липецкой области образцы, гомозиготные по аллелю CC+, демонстрировали более высокие значения содержания белка в сравнении с образцами с CC-.

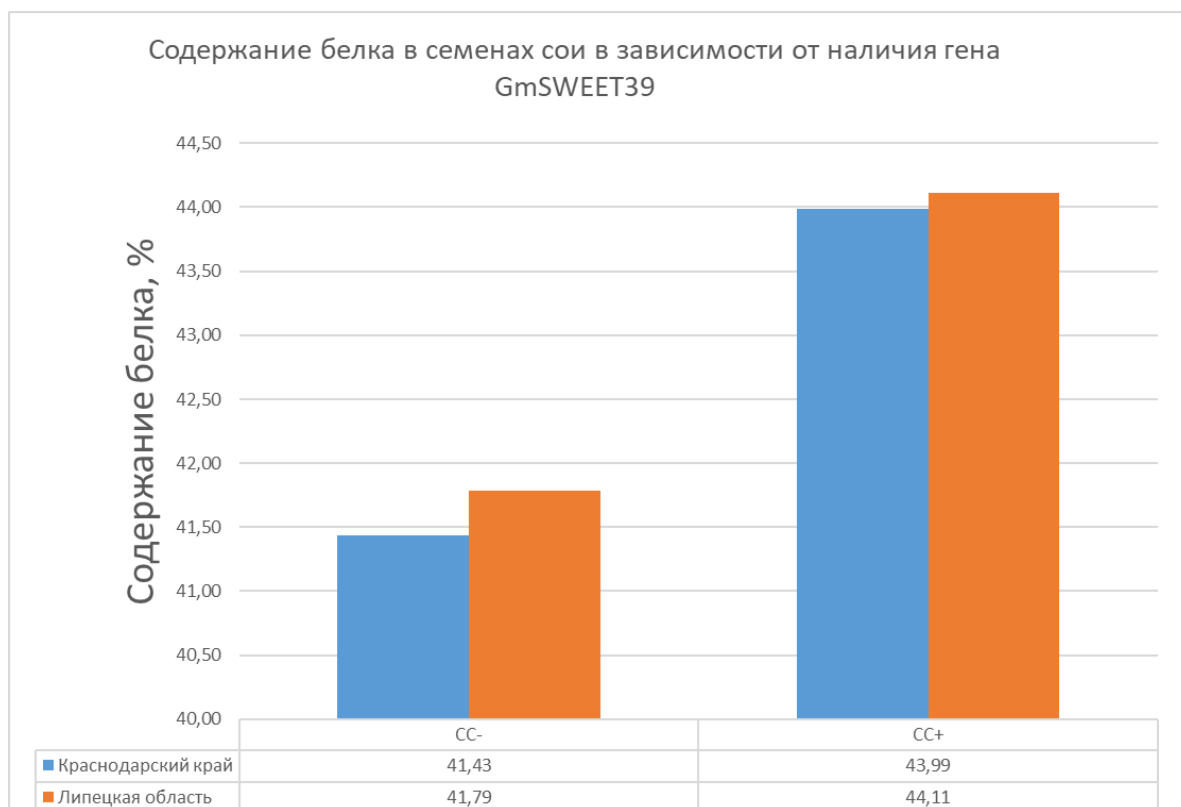


Рис. 1. Процентное содержание белка в семенах сои в зависимости от наличия или отсутствия гена *GmSWEET39*.

В Краснодарском крае в 2020 и 2021 гг. среднее содержание белка в семенах сои с генотипом CC+ составляло 43,0 % и 44,4 % соответственно, в то время как у CC- – 38,9 % и 41,7 %.

Таблица 1 – Средние значения содержания белка (%) в семенах сои, полученных в Краснодарском крае в 2020-2021 гг. в зависимости от наличия гена *GmSWEET39*.

Период	CC+	CC-
2020 год	43,0	38,9
2021 год	44,4	41,7

Аналогичная тенденция наблюдалась и в Липецкой области, где содержание белка у CC+ достигало 47,5 % и 50,1 %, тогда как у CC- – лишь 41,1 % и 43,9 %. Таким образом, разница между генотипами варьировалась от 2,8 до 6,4 процентных пунктов в пользу CC+.

Таблица 2 – Средние значения содержания белка (%) в семенах сои, полученных в Липецкой области в 2020-2021 гг. в зависимости от наличия гена *GmSWEET39*.

Период	CC+	CC-
2020 год	47,5	41,1
2021 год	50,1	43,9

Следует отметить, что наибольшее содержание белка зафиксировано у семян растений, выращенных в Липецкой области, что может быть связано с особенностями агроэкологических условий региона. Это указывает не только на вклад гена *GmSWEET39* в белковый метаболизм, и влияние внешних факторов окружающей среды.

Таблица 3 – Значения содержания белка (%) в семенах сои, части исследуемой выборки в обеих локация исследования в 2020-2021 гг.

Сортообразец	Генотип	Содержание белка в семенах сои, %				
		Липецкая область		Краснодарский край		Среднее
		2020	2021	2020	2021	
Протина	СС-	44,6	47,8	43,5	46,6	45,6
PR 130 900 4	СС-	46,6	43,1	47,2	46,0	45,7
МЮ 5	СС-	39,7	45,2	44,6	46,1	43,9
Эльта	СС-	39,2	42,6	36,2	41,6	39,9
Казачка	СС-	38,2	41,2	34,5	39,8	38,4
Лира	СС-	40,4	39,7	35,2	39,1	38,6
Сирелия	СС+	47,5	50,1	42,9	45,4	46,5
РЖТ Сфорза	СС+	49,6	51,5	42,9	45,2	47,3
Аляска	СС+	45,5	48,8	43,3	42,7	45,1
Максус	СС+	41,7	41,1	40,0	42,9	41,4

На основании обобщенных данных можно отметить, что сорта с генотипом СС+, в большинстве случаев характеризовались более высоким содержанием белка в семенах по сравнению с образцами с генотипом СС-. Эта тенденция прослеживается в различных агроэкологических условиях и в разные годы, что подтверждает стабильное влияние гена на формирование признака. Также наблюдаются сортовые различия в количестве белка, что свидетельствует о совместном влиянии генетических факторов и условий выращивания.

Вывод. В результате в коллекции ООО Компания «СОКО» были обнаружены генотипы с редким высоко белковым аллелем СС+ по гену *GmSWEET39*. В том числе, ген *GmSWEET39* показывает связь с содержанием белка в условиях центральной зоны Краснодарского края и юга Липецкой области.

Наличие низко белкового аллеля СС- не всегда свидетельствует о низком содержании белка, что, к примеру, видно на сортообразцах: Протина, МЮ 5 и PR 130 900 4, которые показали высокое содержание белка (в среднем 45,6 %, 43,9 % и 45,7 % соответственно). Также возможен обратный случай, когда генотип с СС+ демонстрирует низкое содержание белка, что видно на примере сорта Максус, содержащего в семенах 41,4 % белка. Это показывает, что есть влияние других факторов на содержание белка в семенах сои, в частности внешняя среда и другие гены. Так недавно было показано связь между фотопериодом и размеров семян сои, в условиях длинного дня ген *Dt1* подавляет транспорт сахаров в зародыш через регуляции белков SWEET, что приводит к уменьшению размеров семян [5].

Ген *GmSWEET39* может быть использован при анализе материала родительских форм, чтобы выбраковать малоперспективные низкобелковые генотипы без фактического определения процентного содержания белка в семенах.

Благодарность.

Авторы исследования выражают благодарность президенту ООО Компания «СОКО» Шириняну О.М. за общее руководство и финансирование перспективных научных исследований.

Литература

1. Allen D.K., Ohlrogge J.B., Shachar-Hill Y. The role of plastids in fatty acid and oil biosynthesis in developing soybean seeds // *Plant Journal*. – 2009. – Vol. 57, № 2. – P. 195–203. – DOI: 10.1111/j.1365-313X.2008.03695.x.

2. Bandillo N., Jarquin D., Song Q., Nelson R., Cregan P., Specht J., Lorenz A. J. *A population structure and genome-wide association analysis on the USDA soybean germplasm collection*. The Plant Genome, 2015, vol. 8, no. 3, eplantgenome2015.04.0024. DOI: 10.3835/plantgenome2015.04.0024.
3. Baud S., Lepiniec L. Physiological and developmental regulation of seed oil production // *Progress in Lipid Research*. – 2010. – Vol. 49, № 3. – P. 235–249. – DOI: 10.1016/j.plipres.2010.01.001.
4. Li L., Hur M., Lee J.Y., Zhou W., Song Z., Ransom N. Temporal and spatial regulation of protein and oil accumulation in developing soybean seeds // *BMC Plant Biology*. – 2015. – Vol. 15. – Article 104. – DOI: 10.1186/s12870-015-0491-9.
5. Li X., Chen Z., Li H., Yue L., Sun B., Cao D., Sun S., Li W., Jiang H., Xu X., Song B., Sun S., Li X., Chen L., Ma J., Hou W., Wei W. *Dt1 inhibits SWEET-mediated sucrose transport to regulate photoperiod-dependent seed weight in soybean*. Molecular Plant, 2024, vol. 17, no. 3, pp. 496–508. DOI: 10.1016/j.molp.2024.02.007.
6. Potapova N. A., Zorkoltseva I. V., Zlobin A. S., Shcherban A. B., Fedyaeva A. V., Salina E. A., Svishcheva G. R., Aksenovich T. I., Tsepilov Y. A. *Genome-wide association study on imputed genotypes of 180 Eurasian soybean Glycine max varieties for oil and protein contents in seeds*. Plants, 2025, vol. 14, no. 2, 255. DOI: 10.3390/plants14020255.
7. Wang L., Yu J., Li Y., Shen C., Wang F., Yang W. Construction of regulatory networks related to oil and protein accumulation in developing soybean seeds // *Plant Soil and Environment*. – 2022. – Vol. 68, № 7. – P. 381–392. – DOI: 10.17221/107/2022-PSE.
8. Wilson R.F. Seed composition // In: Boerma H.R., Specht J.E. (eds.) *Soybeans: Improvement, Production, and Uses*. – 3rd ed. – Madison, WI: ASA, CSSA, SSSA, 2004. – P. 621–677.
9. Zhang H., Goettel W., Song Q., Jiang H., Hu Z., Wang M.L., et al. Selection of GmSWEET39 for oil and protein improvement in soybean // *PLoS Genetics*. – 2020. – Vol. 16, № 11. – e1009114. – DOI: 10.1371/journal.pgen.1009114.
10. Zhang X., Zhao J., Li Y., Song X. Transcriptomic insights into the response of soybean seed metabolism to environmental stress // *International Journal of Molecular Sciences*. – 2022. – Vol. 23, № 4. – Article 2341. – DOI: 10.3390/ijms23042341.
11. Zhao Y., Zhang Y., Wang P., Liu Y. Integrated transcriptomic and metabolomic analysis reveals key pathways and genes involved in soybean seed composition // *Frontiers in Plant Science*. – 2022. – Vol. 13. – Article 1012394. – DOI: 10.3389/fpls.2022.1012394.
12. Иваний А. А., Тимкин П. Д., Иваченко Л. Е. Использование 5 SSR-маркеров для дифференциации сортов отечественной и зарубежной селекции // *Вестник Чувашского государственного аграрного университета*. – 2024. – № 1 (28). – С. 24–29. – DOI: 10.48612/vch/nvv3-zdk1-2hmg.
13. Петибская В. С. Соя: химический состав и использование / Под ред. В. М. Лукомца. – Майкоп: Полиграф-Юг, 2012. – 432 с.
14. Рамазанова С. А. Идентификация генотипов сои разного происхождения с использованием полиморфизма девяти микросателлитных локусов ДНК // *Современные проблемы селекции и технологии возделывания сои: сб. ст. 2-й Международной конференции по сое, Краснодар, 09–10 сентября 2008 года*. – Краснодар: ВНИИМК им. В. С. Пустовойта, 2008. – С. 129–136.

УДК 635.649:631.526.325

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ВЫРАЩИВАНИЯ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ГИБРИДОВ ПЕРЦА СЛАДКОГО

Пистун О.Г., научный сотрудник отдела овощеводства, pistun-o@mail.ru,
Королёва С.В., канд. с.-х. наук, ведущий научный сотрудник отдела овощеводства,
agrotransfer@mail.ru

ФГБНУ «Федеральный научный центр риса» (Краснодар, п. Белозерный)

Реферат. Анализ продуктивности гибридов перца Макар F1 и Фишт F1 в открытом грунте не выявил значимой разницы по ранней и общей урожайности. Изучение этих же гибридов в условиях пленочной теплицы продемонстрировало значительно более высокую общую урожайность у Макар F1 (прирост 36 %), что указывает на его лучшую адаптацию к тепличным условиям и потенциал при интенсивном выращивании.

Ключевые слова: гибрид, перец сладкий, продуктивность, Макар F1 и Фишт F1.

Summary. The analysis of the productivity of the pepper hybrids Makar F1 and Fisht F1 in open ground did not reveal any significant difference in early and total yield. The study of these same hybrids in a film greenhouse demonstrated a significantly higher total yield in Makar F1 (an increase of 36 %), which indicates its better adaptation to greenhouse conditions and potential for intensive cultivation.

Key words: hybrid, sweet pepper, productivity, Makar F1 and Fisht F1.

Введение. Выбор правильного гибрида F₁ является ключевым фактором успеха в выращивании перца сладкого, так как он напрямую влияет на качество и количество урожая. Среди наиболее востребованных характеристик гибридов F₁ перца сладкого выделяют: раннеспелость, крупноплодность, толстостенность, отличные вкусовые качества и привлекательный внешний вид. Раннеспелые гибриды позволяют производителям раньше других выйти на рынок и получить более высокую цену за продукцию [1].

Промышленное производство перца в России расположено в южных регионах страны, что дает возможность получать урожай с июля до середины октября (открытый грунт) и с июня до середины декабря (весенние пленочные теплицы). В южных регионах условия выращивания имеют свои особенности: высокий агротехнический фон и инфекционная нагрузка, неблагоприятные условия по температуре и влажности в летний период. В защищенном грунте стрессовые условия часто складываются в начале вегетации [2,3].

Таким образом, наиболее важно создание промышленных, или коммерческих гибридов для интенсивных технологий выращивания, которые будут сочетать высокую продуктивность и товарность урожая с высокой отзывчивостью на повышенный агрофон, а также иметь высокий уровень устойчивости к абиотическим и биотическим стрессорам и быть технологичными [1].

Цель исследования – оценить продуктивность гибридов Макар F₁ и Фишт F₁ в условиях открытого и закрытого грунта.

Объекты и методы исследований. Исследования проводили в 2023 году в открытом грунте и 2024 году в весенней пленочной теплице на территории Краснодарского края, ФГБНУ «ФНЦ риса».

Объект исследований - гибриды перца сладкого Фишт и Макар.

Способ выращивания перца – рассадный. Способ полива капельный. Для испытания в теплице посев в кассеты №96 проводили 23.03.2024, для поля 28.03.2023 года. Перед

посевом семена замачивали и прогревали при температуре 45°C в течение 4 часов, что позволило значительно повысить их энергию прорастания. Рассадку выращивали первые две недели после всходов в световой камере искусственного климата, затем в отапливаемой теплице. Выращивание рассады согласно рекомендациям [5].

Высадка в пленочную теплицу – 7 мая. Схемы посадки – (80+40) x 30 см. Количество учетных растений на делянке 10, повторность 4-х кратная. За период вегетации в теплице было проведено 6 уробок (5.07, 15.07, 22.07, 5.08, 12.08 и 22.08. 2024 года). Сборы урожая проводились при достижении плодами технической спелости.

Высадка кассетной рассады перца в поле на селекционный участок 15 мая по схеме (90+50) x 30 см. Площадь делянки 7 м², количество растений на делянке 32 шт., повторность четырехкратная, размещение делянок систематическое. За период вегетации в поле было проведено 4 уборки (24.07, 8.08, 7.09 и 27.09.2023 год). Плоды собирали в технической спелости.

Основное удобрение (нитроаммофоска) вносили локально в борозды перед высадкой, в дозе N₆₀ P₆₀ K₆₀ по д. в. (350 кг/га в физических туках).

По результатам учета урожая по каждой повторности определяли раннюю и общую урожайность.

Обсуждения результатов. Растения перца в открытом грунте подвержены воздействию высокой солнечной инсоляции и иссушающим порывам горячего ветра, что приводит к нарушению фотосинтеза, транспирации, целостности мембраны, водному и гормональному дисбалансу. Помимо этого, высок риск поражения болезнями и вредителями, что в совокупности влияет на урожайность.

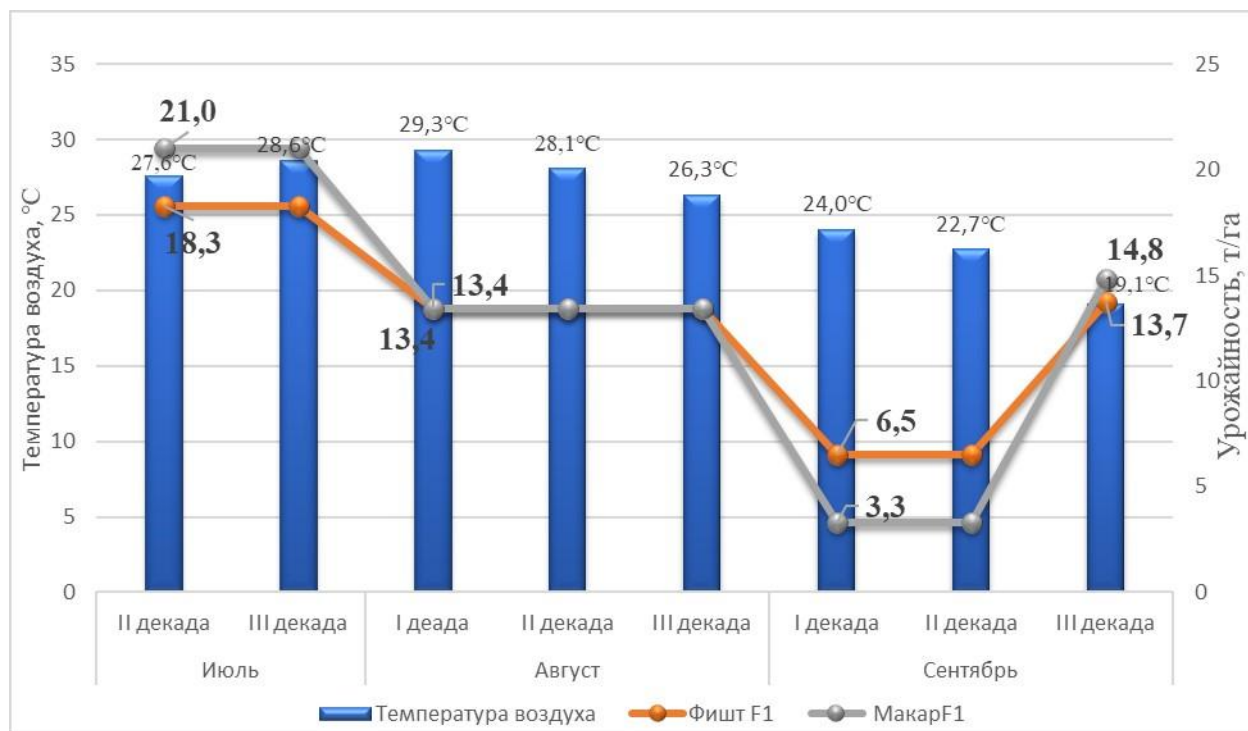


Рис. 1. Среднедекадная температура воздуха и урожайность по датам учета гибридов Макара F1 и Фишты F1 в открытом грунте, т/га

За первый сбор (24.07) урожайность гибрида Макара F₁ составила 21,0 т/га, а гибрида Фишты F₁ – 18,3 т/га. В июле наблюдается повышение температур, особенно во второй и третьей декадах (27,6-28,6°C), что привело к некоторому снижению урожайности при

последующей уборке – до 13,4 т/га по обоим гибридам. Таким образом, суммарная ранняя урожайность за две уборки составила 34,4 т/га для Макара F₁ и 31,7 т/га для Фишт F₁.

Высокие температуры в августе негативно сказались на урожайности, вызвав абортирование цветков и завязей. Наименьшую урожайность показал гибрид Макара F₁ – 3,3 т/га, тогда как Фишт F₁ проявил большую устойчивость к высоким температурам, его урожайность составила 6,5 т/га. Благоприятные погодные условия в сентябре положительно повлияли на рост и развитие перца. В последнюю уборку гибрид Макара F₁ продемонстрировал урожайность – 14,8 т/га, а гибрид Фишт F₁ – 13,7 т/га. В итоге общая урожайность гибрида Макара F₁ составила 52,9 т/га, незначительно превысив урожайность гибрида Фишт F₁, которая составила 51,9 т/га (рис.1).

Условия в пленочной теплице имеют свои особенности, поскольку являются частично контролируемыми. Это позволяет создать оптимальный микроклимат для роста растений, а также снижает риск заражения вредителями и болезнями. Благодаря оптимальным условиям и удлинённому вегетационному периоду можно получить более высокий урожай.

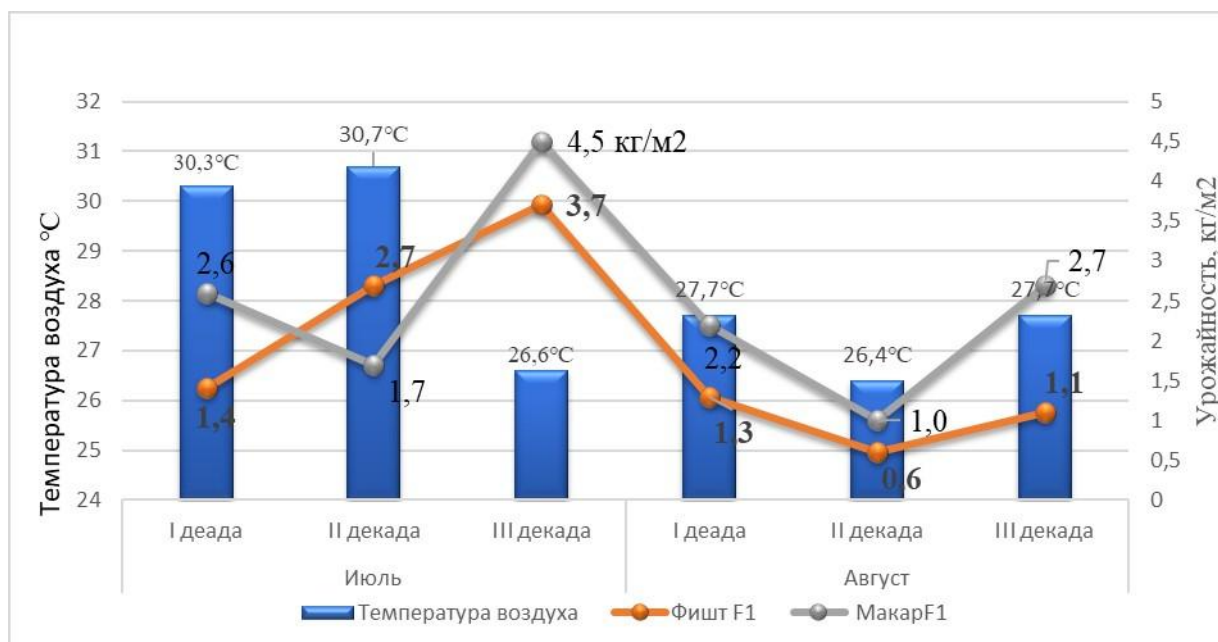


Рис. 2. Среднедекадная температура воздуха и урожайность по датам учета гибридов Макара F₁ и Фишт F₁ в весенней пленочной теплице, кг/м²

Температурные условия в теплице зависели от наружного воздуха, так в 2024 г. во время роста растений перца сладкого температура была выше средней многолетней и превышала: в июне на 4,3°C, в июле – на 5,2°C, в августе – на 3,0°C. Сбор урожая в пленочных теплицах начался в первой декаде июля. Урожайность гибрида Макара F₁ составила 2,6 кг/м², а у гибрида Фишт F₁ – 1,4 кг/м². В июле средняя температура достигала 29,2 °C. Наиболее высокие температуры наблюдались в первой и второй декаде июля, где дневные температуры в теплице повышались до 38,6-38,8°C. На момент второй уборки гибрид Макара F₁ показал снижение урожайности до 1,7 кг/м², в то время как урожайность Фишт F₁ увеличилась до 2,7 кг/м². Таким образом, ранняя урожайность за первые два сбора составила 4,3 кг/м² для Макара F₁ и 4,1 кг/м² для Фишт F₁.

Третий сбор, проведенный во второй декаде июля, показал наибольшую продуктивность растений, при этом урожайность у гибрида Макара F₁ составила 4,5 кг/м², а у Фишт F₁ – 3,7 кг/м². В августе было проведено три сбора урожая с интервалом от 7 до 10 дней. Самая низкая урожайность пришлась на середину августа и составила 0,6-1,0 кг/м².

по гибридам. В первой и третьей декадах урожайность гибрида МакарF₁ оставалась стабильной на уровне 2,5 кг/м², в то время как у гибрида ФиштF₁ этот показатель достигал 1,2 кг/м². В итоге общая урожайность гибрида Макар F₁ составила 14,7 кг/м², а у Фишт F₁ – 10,8 кг/м² (граф. 2).

Вывод. По результатам испытания гибридов Макар F₁ и Фишт F₁ в открытом грунте существенных различий по ранней и общей урожайности не наблюдалось

При испытании тех же гибридов в пленочной теплице, в условиях более благоприятных по питанию, у гибрида Макар отмечалась более выраженная реакция на улучшение агрофона, и он превзошел Фишт F₁ по общей урожайности на 36 %.

Литература

1. Невестенко Н.А., Пугачева И.Г., Добродькин М.М., Кильчевский А.В. Селекция перца сладкого (*Capsicum annuum*L.) по урожайности и качеству плодов на основе модели сорта для необогреваемых грунтовых теплиц. Овощи России. 2023;(1):14-22. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-1-14-22>

Nevestenko N.A., Pugacheva I.G., Dobrodin M.M., Kilchevsky A.V. Sweet pepper (*Capsicum annuum*L.) breeding for yield and fruit quality based on a model variety for unheated ground greenhouses. Vegetables of Russia. 2023; (1):14-22. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-1-14-22>

2. Королева. С. В., Пистун О. Г., Полякова Н. В. Гибрид перца сладкого макар F1 –от испытания до передачи в Госсортоиспытание. *Рисоводство* -2023. -№4. – С.35-42. DOI 10.33775/1684-2464-2023-61-4-35-41

Koroleva S. V., Pistun O. G., Polyakova N. V. Sweet pepper hybrid Makar F1 – from testing to transfer to State Variety Testing. *Rice growing* -2023. -№4. – P.35-42. DOI 10.33775/1684-2464-2023-61-4-35-41

3. Королева, С. В., Пистун О. Г., Полякова Н. В. Испытание гибридов перца сладкого на основе мужской стерильности в весенних пленочных теплицах. *Рисоводство*. – 2022. – № 1(54). – С. 46-52.

Koroleva, S. V., Pistun O. G., Polyakova N. V. Testing sweet pepper hybrids based on male sterility in spring film greenhouses. *Rice growing*. – 2022. – № 1(54). – P. 46-52.

4. Огнев В. В., Огнев Т. В., Полтавский В. В. Селекция перца для юга России. Картофель и овощи. 2017. – №. 11. – С. 38-40. <https://doi.org/10.25630/PAV.2022.65.93.006>

Ognev V. V., Ognev T. V., Poltavsky V. V. Pepper breeding for the south of Russia. Potatoes and vegetables. 2017. – №. 11. – P. 38-40. <https://doi.org/10.25630/PAV.2022.65.93.006>

УДК 633.521

ПОДГОТОВКА СЕМЯН К ПОСЕВУ И РОСТ РАСТЕНИЙ ЛЬНА-ДОЛГУНЦА

Перегонцев И.А., аспирант,

Пролётова Н.В., канд. биол. наук, старший научный сотрудник

ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур» (Тверь)

E-mail: n.proletova.trk@fncl.ru

Реферат. В статье приведены результаты подбора сортов льна-долгунца для исследований и определения посевных качеств семян этих сортов - энергии прорастания семян и всхожести. Выявлено влияние нормы высева семян на высоту растений во время вегетации в фазы «ёлочка» и «быстрый рост». При этом проявлялись сортовые особенности льна-долгунца. Не установлено влияние повышенной дозы минерального удобрения – азофоска (3,0 ц/га) и комбинации двух удобрений (азофоска 1,5 ц/га + ОМУ 0,6 ц/га) на увеличение высоты растений в эти фазы вегетации.

Ключевые слова: лен-долгунец, селекция, семеноводство, семена, урожайность, сорт, посевы, фаза вегетации

Summary: The article presents the results of selection of flax varieties for research and determination of sowing qualities of seeds of these varieties - seed germination energy and germination. The effect of seed sowing rate on plant height during vegetation in the "herringbone" and "rapid growth" phases is revealed. Varietal features of flax are revealed. The effect of increased doses of mineral fertilizer - azophoska (3.0 centner/hectare) and a combination of two fertilizers (azofoska 1.5 centner/hectare + OMU 0.6 centner/hectare) on increasing plant height in these vegetation phases is not established.

Keywords: flax, selection, seed production, seeds, yield, variety, crops, vegetation phase

Введение. Одной из наиболее значимых лубяных культур в Российской Федерации является лён-долгунец. Окультуренный более 8000 лет назад, лён-долгунец и по сей день возделывается для производства волокна и семян не только в пределах Российской Федерации, но и по всему миру [1, 2, 3].

Продукция из льна широко используется в текстильной, фармацевтической, пищевой, и других отраслях промышленности для производства тканей, канатов, масла, лаков, утеплителей, пищевых продуктов. Ежегодно спрос на эти виды продукции растёт, поэтому возникает необходимость засевать всё больше площадей для возделывания льна.

Как правило, лён для производства масел и на пищевые цели выращивают в регионах с тёплым климатом. В России это Краснодарский и Ставропольский края, Липецкая и Воронежская области. Для производства волокнистой продукции лён-долгунец возделывают в районах, более прохладных по метеоусловиям. Это Северо-Западный, Волго-Вятский, Центральный регионы, Алтайский край и Западная Сибирь Российской Федерации. В Центральном регионе льносеяния основными производителями льнопродукции являются Тверская, Смоленская, Ярославская, Ивановская, Тульская области [4].

Для получения качественной льнопродукции селекционерами ежегодно создаются новые сорта льна-долгунца с высоким урожаем волокна и семян, устойчивые к неблагоприятным био- и абиотическим факторам среды. Для каждого региона льносеяния в Госреестре селекционных достижений зарегистрированы определённые сорта льна, возделывание которых позволяет сельхозтоваропроизводителям получать максимальную прибыль.

Чтобы семена возделываемых сортов льна-долгунца были качественными, а посевы однородными, необходимо вести семеноводство культуры. В процессе семеноводства осуществляется решение нескольких задач – размножение высококачественных сортовых семян до необходимого количества и сохранение их сортовых и урожайных качеств. Семеноводческий процесс позволяет не только создавать качественный семенной материал для посева, но и вводить в производство новые сорта, заменяя их на устаревшие, долгое время находившиеся в производстве [4, 5].

Промышленное семеноводство льна-долгунца начало развиваться и было налажено ещё в дореволюционной России, поскольку в культуре сформировались очень ценные местные сорта – популяции. Система семеноводства в России на сегодняшний день хорошо отлажена, однако ежегодно изменяющиеся климатические условия и почвенная микрофлора создают предпосылки для разработки сортовых агротехнологий – возможности получения качественного семенного материала, применительно к отдельно взятому сорту, с учетом климатических условий региона и патогенной микрофлоры, находящейся в почве.

Поэтому целью работы является разработка ресурсосберегающих приемов возделывания новых сортов льна-долгунца на семенные цели в условиях Центрального региона льносеяния.

Объекты и методы исследований. Исследования проводили в 2024-2025 годах на базе лабораторий селекционных технологий ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур» (г. Торжок, Тверская область, г. Смоленск, Смоленская область). Объектом исследований являлись семена сортов селекции ФГБНУ ФНЦ ЛК – Феникс, Лидер, Цезарь, Шанс, Стриж.

Определение посевных характеристик семян проводили, согласно методике по и ГОСТ 12038-84 Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести [6] и ГОСТ Р 52325-2005 Семена сельскохозяйственных растений. Сортовые и посевные качества. Общие технические условия [7].

Всхожесть и энергию прорастания семян вычисляли в процентах. За результат анализа принимали среднее арифметическое результатов определения всхожести всех проанализированных проб.

Изучение элементов сортовой агротехники для сортов проводили в полевом мелкоделяночном 2-х факторном опыте, заложенном методом расщепленных делянок.

Схема исследований включала использование трёх вариантов нормы высева семян (6; 8; 10 млн всхожих семян/га) в трёхкратной повторности. Контролем служила норма высева семян, используемая при возделывании льна-долгунца в питомниках первичного семеноводства (6 млн всхожих семян/га) [5]. А также трёх вариантов внесения удобрений (азофоска N16P16K16, азофоска N32P32K32; азофоска N16P16K16 + ОМУ 0,6 ц/га), Контроль – внесение удобрений (азофоска) в рекомендуемой дозе – N16P16K16.

Полевую норму высева семян рассчитывали по формуле (1):

$$Нв, \text{ г/га} = (К \times М / 1000) \times (С \times Д / 100), \quad (1)$$

где К – норма высева, выраженная в миллионах всхожих семян/га, шт.,

М – масса 1000 семян, г;

1000 – 1000 семян, шт.;

С – лабораторная всхожесть семян, %;

Д – чистота семян (содержание основной культуры), %;

100 – полевая годность при 100 % чистоте семян.

Май и июнь и в Смоленской и Тверской областях были прохладными с большим количеством осадков.

Температура в мае - июне по данным наблюдений составила + 11,5°C – +15,6°C, что ниже нормы на 1,7°C – 1.1°C. Осадков в этот период выпало 94 % – 158 % от нормы. (Информация о погоде получена с метеорологических станций Рославль (Смоленская область) и Торжок (Тверская область).

Подготовка почвы под посев включала заблеую вспашку осенью после предшественников на глубину 23-25 см, весеннюю культивацию с боронованием, разбивку участка на ярусы, маркировку междурядий (ширина 7,5 см). Внесение удобрений – азофоска (1,5 ц/га и 3,0 ц/га) и ОМУ (0,6 ц/га) проводили вручную по ярусам, в дозах, согласно схеме опыта. Семена высевали, согласно методическим рекомендациям «Селекция и первичное семеноводство льна-долгунца» [5] вручную в рядок в расчетных количествах.

Посев семян сортов Феникс, Лидер, Цезарь в ОП Смоленский НИИСХ был произведен 11 мая, а сортов Цезарь, Шанс, Стриж в ОП НИИЛ – 15 мая.

Уход за посевами состоял в рыхлении междурядий и прополку от сорняков вручную. В ОП НИИЛ проводили обработку посевов от льняной блошки препаратом Орбита, КЭ в дозе 1 мл/л, с расходом рабочей жидкости 200 л/га. Наблюдения за ростом и замеры растений проводили в течение всей вегетации.

Обсуждение результатов. При подборе сортов для исследований учитывали их биологическую продуктивность, сроки вегетации (спелость), адаптационные свойства. Из Госреестра селекционных достижений, допущенных к использованию [8] были отобраны сорта льна-долгунца: раннеспелые – Лидер, Шанс, Стриж; среднеспелый – Цезарь; позднеспелый – Феникс. Сорта льна-долгунца Цезарь, Лидер, Феникс были выращены в условиях семеноводческих питомников Тверской и Смоленской области; Стриж и Шанс – Псковской области.

Лидер – высокопродуктивный сорт, включен в государственный реестр селекционных достижений в 2005 году (патент №2730). Урожайность семян в производстве (максимальная) 9,1 ц/га, соломы 54,6 ц/га, волокна 24,5 ц/га. Является раннеспелым сортом, норма высева семян составляет 24-26 млн. шт./га. Масса 1000 семян 4,7 гр. Вегетационный период 65-78 дней. Высота растения 58-75 см. Восприимчив к антракнозу, в полевых условиях слабо поражается фузариозным увяданием всходов, бактериозом. Высокоустойчив к полеганию. Обладает высокой адаптивной способностью. Содержание волокна в стеблях 32,4 %, а выход длинного волокна 20,5 %. Регионы возделывания: Центральный, Северо-Западный, Западно-Сибирский.

Шанс – сорт предназначен для производства текстиля. Включен в государственный реестр селекционных достижений в 2022 году (патент №12995). Урожайность семян в производстве (максимальная) 12,4 ц/га, соломы 62,9 ц/га, волокна 25,9 ц/га. Является раннеспелым сортом, норма высева семян составляет 18-20 млн. шт./га. Масса 1000 семян 5,1 гр. Vegetационный период 67-76 дней. Высота растения 94 см. Высокоустойчив к ржавчине (100 %), фузариозному увяданию (95 %). Высокоустойчив к полеганию (4,8 балла). Обладает высокой адаптивной способностью. Содержание волокна в стеблях 37,5 %, а выход длинного волокна 32,6 %. Регион возделывания: Северо-Западный, Центральный, Волго-Вятский.

Цезарь – сорт предназначен для производства текстиля. Включен в государственный реестр селекционных достижений в 2017 году (патент №9350). Урожайность семян в производстве (максимальная) 11,8 ц/га, соломы 62,4 ц/га, волокна 21,5 ц/га. Является среднеспелым сортом, норма высева семян составляет 20-22 млн. шт./га. Масса 1000 семян 4,4 гр. Vegetационный период 83 дня. Высота растения 85 см. Высокоустойчив к ржавчине (93,6 %), фузариозному увяданию (97,7 %), среднеустойчив к антракнозу (52,4 %) и пасмо (50,6 %) Обладает высокой адаптивной способностью Устойчивость к полеганию устойчив (4.2 балла). Содержание волокна в стеблях 34,5 %, а выход длинного волокна 32,5 %. Регион возделывания: Северо-Западный, Центральный.

Феникс – сорт предназначен для производства текстиля. Включен в государственный реестр селекционных достижений в 2019 году (патент №10670). Урожайность семян в производстве (максимальная) 6,9 ц/га, соломы 60,0 ц/га, волокна 24,8 ц/га. Является позднеспелым сортом, норма высева семян составляет 22 млн. шт./га. Масса 1000 семян 4,5 гр. Vegetационный период 80-89 дней. Высота растения 87 см. Грибными болезнями поражается в слабой степени, устойчив к полеганию. Сорт пластичен. Содержание волокна в стеблях 28,0 %, а выход длинного волокна 21,8 %. Регион возделывания: Северо-Западный, Центральный.

Стриж – высокоурожайный по льноволокну, раннеспелого типа (вегетационный период 69 суток), созревает на двое-трое суток раньше сорта-стандарта Добрыня. Средняя урожайность льноволокна за годы исследований составила 18,6 ц/га, что достоверно превышает сорт-стандарт на 2,3 ц/га, или 14,1 % (НСР05 = 0,90 ц/га), максимальная – 20,3 ц/га. По урожайности семян он уступал стандарту (9,9 ц/га) на 1,8 ц/га, или 18,2 %. Новый сорт характеризуется высокой устойчивостью к полеганию (5 баллов) и фузариозному увяданию (85 %), обладает очень высоким содержанием льноволокна в стеблях (40,0...40,6 %), что на 3,1...4,8 % (абс.) выше стандарта, и более лучшим его качеством (прочностью и гибкостью). В производственных условиях обеспечил получение 19,5 ц/га льноволокна, что на 2,3 ц/га, или 13,4 % выше стандарта (НСР05 = 0,96 ц/га). Имеет наибольшую урожайность в контрастных условиях (генетическая гибкость) – 19,3 ц/га и повышенную стрессоустойчивость (-2,0). Сорт Стриж и стандарт характеризуются слабой вариабельностью урожайности льноволокна (CV = 9,8-9,6 %), их отличает также высокая пластичность ($b_i = 1,12-1,17$), что свидетельствует о хорошей отзывчивости данных сортов на улучшение условий среды.

Подготовка семян льна-долгунца к посеву – важнейший агротехнический приём возделывания культуры.

Энергия прорастания семян и их всхожесть –определяющие показатели. При определении энергии прорастания выявлено, что не все исследуемые сорта льна-долгунца обладали высокой энергией прорастания. Так, сорт Цезарь, выращенный условиях

Тверской области, проявил низкую энергию прорастания по сравнению с другими сортами – 68 % (табл. 1). Из 100 семян на 3 суток нормально проросли только 68. Высокую энергию прорастания показали семена сортов Лидер и Феникс из семеноводческих питомников Тверской области (96 и 97 %, соответственно). Несколько ниже энергия прорастания была у сортов из Псковской области – Стрижа и Шанса. Она составила 88 и 91 %, соответственно. Возможно, это связано с условиями вегетации и хранения семян.

Таблица 1 – Энергия прорастания семян льна-долгунца (n=100)

Сорт	Кол-во нормально проросших семян на 3 суток, шт	Энергия прорастания семян, %
Лидер	96	96
Феникс	97	97
Цезарь	68	68
Стриж	88	88
Шанс	91	91

При определении всхожести семян на 7 суток учитывали большее количество показателей. В результате исследований выявлено, что и по всхожести семян сорта различались. Высокую всхожесть, как и энергию прорастания, проявили сорта Лидер и Феникс – 100 % (табл. 2). Все семена были нормально проросшие без отклонений. Тогда как у сорта Цезарь всхожесть составила 84 %, при этом набухшие семена составляли 2 %, твердые – 4 %, 10 семян были загнившие и 2 – ненормально проросшие (с уродливыми кончиками корешков коричневого цвета). Семена сорта Цезарь не соответствовали посевным качествам ГОСТ Р 52325-2005 и в производстве – не должны использоваться для элитных посевов. Однако в наших исследованиях в 2025 году семена были использованы для оценки их в полевых условиях. Сорта Стриж и Шанс обладали высокой всхожестью семян (98 %) несмотря на небольшое снижение энергии прорастания.

Таблица 2 – Всхожесть семян льна-долгунца

Сорт	Кол-во семян на 7 суток, шт					Всхожесть семян, %
	Нормально проросшие	Набухшие	Твердые	Загнившие	Ненормально проросшие	
Лидер	100	0	0	0	0	100,0
Феникс	100	0	0	0	0	100,0
Цезарь	84	2	4	10	2	84,0
Стриж	98	0	0	1	1	98,0
Шанс	98	1	0	0	1	98,0

Семена высевали, согласно методическим рекомендациям «Селекция и первичное семеноводство льна-долгунца» [5]. Произведённые расчеты показали, что наличие семян в рядке в зависимости от сорта и всхожести семян различное. Так, при норме посева 6

млн всхожих семян /га и в опыте с удобрениями количество семян на рядок у сортов Лидер и Феникс при 100 %-ной всхожести семян составило 43 шт., при норме высева 8 млн всхожих семян /га – 57 шт., при норме высева 10 млн всхожих семян /га – 71 шт. (табл.3). Наибольшее количество семян в рядке было рассчитано и высеяно для сорта Цезарь ввиду его пониженной всхожести (от 51 до 85 шт./рядок в зависимости от варианта опыта).

Таблица 3 – Расчетное количество семян в рядке при посеве в зависимости от варианта опыта

Сорт	Вариант опыта		Вариант опыта	
	Норма высева семян, млн шт./га	Кол-во семян/рядок, шт	удобрения	Кол-во семян/рядок, шт
Лидер	6, К	43	Азофоска 1,5 ц/га, К	43
	8	57	Азофоска 3,0 ц/га	43
	10	71	Азофоска 1,5 ц/га + ОМУ 0,6 ц/га	43
Феникс	6, К	43	Азофоска 1,5 ц/га, К	43
	8	57	Азофоска 3,0 ц/га	43
	10	71	Азофоска 1,5 ц/га + ОМУ 0,6 ц/га	43
Цезарь	6, К	51	Азофоска 1,5 ц/га, К	51
	8	68	Азофоска 3,0 ц/га	51
	10	85	Азофоска 1,5 ц/га + ОМУ 0,6 ц/га	51
Стриж	6, К	44	Азофоска 1,5 ц/га, К	44
	8	58	Азофоска 3,0 ц/га	44
	10	73	Азофоска 1,5 ц/га + ОМУ 0,6 ц/га	44
Шанс	6, К	46	Азофоска 1,5 ц/га, К	46
	8	61	Азофоска 3,0 ц/га	46
	10	76	Азофоска 1,5 ц/га + ОМУ 0,6 ц/га	46

Прохладная с большим количеством осадков погода в период «всходы-ёлочка» вызвала замедление прорастания семян. Всходы появлялись на 10-12 сутки (вместо 5-7 – при благоприятных погодных условиях), соответственно фаза «ёлочка» льна-долгунца сдвинулась на 3-5, а у сортов в Тверской области (Цезарь, Стриж, Шанс) на 7 суток.

В результате исследований выявлено, что в зависимости от нормы высева семян в фазе «ёлочка» в Смоленской области средняя высота растений льна у сортов составила от 4,9 см (сорт Лидер) до 6,7 см (сорт Феникс) (табл. 4). У сортов Лидер и Феникс наибольшая высота в эту фазу отмечена при норме высева семян 8 млн шт./га (5,8 см и 6,7 см, соответственно), у сорта Цезарь – при норме высева семян 8 и 10 млн шт./га (5,9 см). В Тверской области средняя высота растений льна в фазу «ёлочка» у сортов составила от 6,7 см (сорт Цезарь) до 9 см (сорт Цезарь). У сортов Шанс и Цезарь наибольшая высота в эту фазу отмечена при норме высева семян 10 млн шт./га (8,5 см и 9,0 см, соответственно), у сорта Стриж – при норме высева семян 8 и 10 млн шт./га (7,2 см).

Дальнейшие наблюдения показали, что при установлении тёплой погоды (+ 20°) и достаточного количества осадков растения льна-долгунца начали интенсивно расти и уже к фазе быстрого роста достигали высоты 17- 25 см. В зависимости от сорта и нормы высева семян высота растений варьировала и различия между вариантами практически не наблюдали. У сорта Феникс высота растений была несколько выше при норме высева 6 млн шт./га, у сорта Лидер – при норме высева 10 млн шт./га, у сорта Цезарь в Смоленской области при норме высева 6 и 8 млн шт./га, а в Тверской области – при норме высева 10 млн шт./га (табл. 5). Сорта Шанс и Стриж в условиях Тверской области сформировали высоту 25 см во всех вариантах опыта, кроме «Стриж, 6 млн».

Таблица 4 – Динамика роста растений льна-долгунца в зависимости от нормы высева семян

Сорт	Норма высева семян, млн шт./га	Фаза вегетации льна/ Высота растений, см ±Sp		
		ёлочка	быстрый рост	зеленая спелость
ОП Смоленский НИИСХ				
Феникс	6, К	6,4± 1,1	22,4 ± 2,75	83,7 ± 5
	8	6,7± 1,4	21,6 ±3,6	86,6 ±6,8
	10	6 ±1,5	20,2±4,85	83,1 ±0,6
Лидер	6, К	4,9 ± 1,2	17,6 ± 3,0	73,8±3,2
	8	5,8 ± 0,8	19,8 ± 3,75	75,1±3,8
	10	5,7 ± 1,0	21,4± 3,4	76,2±4,4
Цезарь	6, К	5,8 ± 1,5	21,7 ± 4,6	75,8±0,4
	8	5,9 ± 1,3	21,8 ± 3,6	76,5±4,8
	10	5,9 ± 1,3	19,7 ± 2,75	73,9±2
ОП НИИЛ				
Шанс	6, К	7,1± 2,1	25,4 ± 2,1	—
	8	8,0± 2,3	25,6 ±2,2	—
	10	8,5 ±3,5	24,2±1,9	—
Стриж	6, К	6,8 ± 2,2	22,6 ± 2,5	—
	8	7,2 ± 1,6	25,8 ± 1,7	—
	10	7,2 ± 2,1	25,2± 2,2	—
Цезарь	6, К	6,7 ± 2,5	20,5 ± 3,6	—
	8	7,2 ± 1,9	22,5 ± 3,1	—
	10	9,0 ± 1,5	25,3 ± 1,4	—

При замерах высоты льна-долгунца в ОП Смоленский НИИСХ в фазе зеленой спелости выявлено, что сорт Феникс, независимо от нормы высева, сформировал наибольшую высоту растений – 83-86 см, по сравнению с сортами Лидер и Цезарь, которые, в свою очередь, практически не имели различий по высоте растений. Отмечены параметры высоты у этих сортов на уровне 73-76 см. Отмечено, что при норме высева семян 8 млн шт./га у всех сортов высота растений была несколько выше, чем в других вариантах. К фазе вегетации «зелёная спелость» цветение растений всех сортов льна-долгунца полностью завершилось и на растениях сформировались коробочки, в которых завязались семена. На отдельных растениях количество коробочек достигало 12-16 штук.

Анализ данных таблицы 5 показал, что при внесении удобрений исследуемые сорта проявляли разную реакцию на их виды и дозы. По высоте растения в фазу «ёлочка» в условиях Смоленской области незначительно различались, тогда как в условиях Тверской области высота растений при внесении рекомендуемой дозы азофоски (1,5 ц/га) высота растений была больше, чем на фоне с двойной нормой азофоски (3,0 ц/га) и сочетания удобрений – азофоски (1,5 ц/га) и ОМУ (0,6 ц/га). Такое же различие по высоте растений наблюдали в фазу быстрого роста. Повышенная доза азофоски и комбинации двух удобрений не способствовали увеличению высоты растений. Скорее всего это было связано с тем, что при высокой влажности почвы удобрения равномерно распределялись в почвенном горизонте, а корневая система растений в фазы «ёлочка» и «быстрый рост» ещё не была достаточно развитой для потребления большого количества минеральных веществ из почвы.

При анализе данных средней высоты растений льна-долгунца исследуемых сортов в фазу зеленой спелости выявлено, что в ОП Смоленский НИИСХ сохранилась тенденция минимального различия средней высоты растений, независимо от сорта и вида удобрений. Наибольшую высоту сформировал сорт Феникс – 83-85 см, сорта Лидер и Цезарь были ниже на 10 см при высоте растений 74-76 см.

Таблица 5 – Динамика роста растений льна-долгунца в зависимости от вида и дозы удобрений

Сорт	Вид удобрений, доза	Фаза вегетации льна/ Высота растений, см±Sp		
		ёлочка	быстрый рост	зеленая спелость
ОП Смоленский НИИСХ				
Феникс	Азофоска N16P16K16, К	6,4±1,1	22,4 ± 2,75	85,2±5,3
	Азофоска N32P32K32	6±1,05	20,8 ±4,15	84,6±1,5
	Азофоска N16P16K16 + ОМУ 0,6 ц/га	6,5± 1,3	22,7 ± 3,75	83,5±4,6
Лидер	Азофоска N16P16K16, К	4,9 ±1,2	17,6 ± 3,0	75,4±2,8
	Азофоска N32P32K32	5,5 ±1,5	20,0 ± 3,5	75,6±6,5
	Азофоска N16P16K16 + ОМУ 0,6 ц/га	5,5 ± 1,2	20,3 ±5,2	74,1±3,5
Цезарь	Азофоска N16P16K16. К	5,8 ± 1,5	21,7 ± 4,6	76,3±0,3
	Азофоска N32P32K32	5,9 ± 0,85	20,6 ± 3,75	75,0±2,7
	Азофоска N16P16K16 + ОМУ 0,6 ц/га	5,9 ± 1,5	21,2 ± 3,0	74,8±0,9
ОП НИИЛ				
Шанс	Азофоска N16P16K16, К	7,1± 2,1	25,4 ± 2,1	—
	Азофоска N32P32K32	5,7±1,2	19,8 ±2,1	—
	Азофоска N16P16K16 + ОМУ 0,6 ц/га	4,0± 1,1	17,7 ± 1,3	—
Стриж	Азофоска N16P16K16, К	6,8 ± 2,2	22,6 ± 2,5	—
	Азофоска N32P32K32	5,3 ±1,3	19,6 ± 2,5	—
	Азофоска N16P16K16 + ОМУ 0,6 ц/га	4,7 ± 1,4	18,3 ±1,2	—
Цезарь	Азофоска N16P16K16, К	6,7 ± 2,5	20,5 ± 3,6	—
	Азофоска N32P32K32	5,7 ± 1,1	18,6 ± 1,5	—
	Азофоска N16P16K16 + ОМУ 0,6 ц/га	5,0 ± 1,5	19,2 ± 2,0	—

Вывод. Таким образом, в результате исследований подобраны сорта льна-долгунца – раннеспелые Лидер, Стриж, Шанс, среднеспелый – Цезарь, позднеспелый – Феникс. Определены посевные показатели семян - энергия прорастания и всхожесть. Выявлено влияние нормы высева семян на высоту растений во время вегетации в фазы «ёлочка» и «быстрый рост». При этом проявлялись и сортовые особенности льна-долгунца. Не установлено влияние повышенной дозы минерального удобрения – азофоска (3,0 ц/га) и комбинации двух удобрений (азофоска 1,5 ц/га + ОМУ 0,6 ц/га) на повышение высоты растений в эти фазы вегетации.

Исследования выполнены в рамках Государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ ФГБНУ ФНЦ ЛК по темам № FGSS 2024-0004, FGSS 2024-0005.

Литература

1. Трабунова, Е.А. Результаты изучения коллекционных образцов льна-долгунца в Центральном регионе Нечерноземной зоны России / Е.А. Трабунова, Т.А. Рожмина // Достижения науки и техники АПК. – 2022. – № 36 (3). – С. 79-84.
2. Степин, А.Д. Новый раннеспелый сорт льна-долгунца Стриж для условий Северо-Запада России / А.Д. Степин, М.Н. Рысев, Т.А. Рысева, С.В. Уткина, Н.В. Романова // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2023. – 4 (24). – С. 572-580.
3. Kumar, A.; Pramanick, B.; Mahapatra, B.; Singh, S.; Shukla, D. Growth, yield and quality improvement of flax (*Linum usitatissimum* L.) grown under tarai region of Uttarakhand, India through integrated nutrient management practices / A. Kumar, B. Pramanick, B. Mahapatra, S. Singh, D. Shukla // Ind. Crop. Prod. –2019. – 140. – P. 111710.
4. Понажев, В.П. Состояние и перспективы развития селекции и семеноводства льна-долгунца в Российской Федерации / В.П. Понажев, Н.В. Пролётова // Технические культуры. Научный сельскохозяйственный журнал. – 2023. – 4 (10). – С. 30-38.
5. Понажев, В.П. Селекция и первичное семеноводство льна-долгунца (методические указания) / В.П. Понажев, Л.Н. Павлова, Т.А. Рожмина и др. // Тверь: Тверской гос. ун-т. – 2014. – 140 с.
6. ГОСТ 12038-84 Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести
7. ГОСТ Р 52325-2005 Семена сельскохозяйственных растений. Сортные и посевные качества. Общие технические условия
8. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т. 1. Сорта растений (официальное издание). – М. ФГБНУ «Росинформагротех». – 2023. – 631 с.

УДК 633.85

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ХОЗЯЙСТВЕННО ЦЕННЫХ ПРИЗНАКОВ ИНТРОДУЦИРОВАННЫХ СОРТОВ САФЛОРА В БОГАРНЫХ УСЛОВИЯХ АСТРАХАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Зайцева Н.А., канд. с.-х. наук, старший научный сотрудник,

Климова И.И., научный сотрудник,

Дьяков А.С., младший научный сотрудник,

Зайцев С.В., младший научный сотрудник

*ФГБНУ Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН
(Астраханская область), e-mail: irina.ssd1981@yandex.ru*

Реферат. Выращивание зерновых в богарных условиях, особенно в засушливые годы, не только не приносит прибыли, но и приводит к убыткам. На фоне прогнозируемого повышения среднесуточных температур и снижения количества осадков, вызванного изменением климата, актуален поиск и внедрение в севообороты более устойчивых культур. В регионах с экстремальной засухой сафлор представляет собой перспективную альтернативу зерновым. В рамках проведенного опыта были изучены образцы сафлора из коллекции Всероссийского института растениеводства с целью выявления сортов, наилучшим образом адаптированных к условиям Астраханской области и обладающих высокой устойчивостью. В ходе конкурсного сортоиспытания были отобраны образцы, продемонстрировавшие наилучшие результаты по продуктивности, которые послужат основой для дальнейшей селекционной работы. Наиболее перспективными показали себя образцы К-504 (Венгрия), К-568 (Канада), К-484 (Эфиопия), К-500 (Венгрия), К-12 (Испания), К-476 (Пакистан), К-282 (Узбекистан) и К-579 (Тунис), урожайность которых составила 0,79 - 1,31 т/га, а прибавка к контролю - 0,35-0,87 т/га

Ключевые слова: сафлор, климатические условия, вегетационный период, коллекция, сортоизучение, продуктивность, селекционная ценность, перспективные образцы.

Summary. Growing grains in rain-fed conditions, especially in dry years, not only does not bring profit, but also leads to losses. Against the background of a projected increase in average daily temperatures and a decrease in precipitation caused by climate change, it is relevant to search for and introduce more resistant crops into crop rotations. In regions with extreme drought, safflower represents a promising alternative to grains. As part of the conducted experience, samples of safflower from the collection of the All-Russian Institute of Plant Growing were studied in order to identify the varieties that are best adapted to the conditions of the Astrakhan region and have high resistance. During the competitive variety testing, samples were selected that demonstrated the best productivity results, which will serve as the basis for further breeding work. The most promising samples were K-504 (Hungary), K-568 (Canada), K-484 (Ethiopia), K-500 (Hungary), K-12 (Spain), K-476 (Pakistan), K-282 (Uzbekistan), and K-579 (Tunisia), which yielded 0.79-1.31 t/ha and increased the yield by 0.35-0.87 t/ha.

Key words: safflower, climatic conditions, vegetation period, collection, variety study, productivity, breeding value, promising samples.

Введение. В условиях меняющегося климата в сельскохозяйственных регионах возникает потребность в культивировании видов, обладающих повышенной сопротивляемостью к неблагоприятным внешним воздействиям. Рост значений активных и эффективных температур отрицательно сказывается на уровне влагообеспеченности

растений, продолжительности вегетационных периодов и объемах получаемого урожая [1,2].

В сложившейся ситуации существенно возрастает значимость отбора и распространения сортов сельскохозяйственных растений, устойчивых к недостатку влаги. Подобные сорта обязаны показывать стабильные показатели урожайности, даже если наблюдается нехватка воды, поддерживать интенсивный фотосинтез при высоких температурах и рационально использовать имеющиеся ресурсы. Создание и применение таких сортов становится важнейшим элементом в обеспечении продовольственной безопасности в регионах, где часто случаются засухи [3,4].

Среди сельскохозяйственных культур сафлор красильный выделяется своей способностью обеспечивать высокие урожаи даже при недостатке влаги. Это объясняется его развитой корневой системой, которая проникает глубоко в землю и снабжает растение водой и элементами питания. Эта культура способна эффективно расти и полноценно развиваться в разнообразных почвенных условиях, в том числе на засоленных и щелочных землях. Благодаря своей устойчивости к неблагоприятным условиям, сафлор представляет собой перспективную культуру для Нижнего Поволжья, региона со сложным агроклиматом [5,6].

Цель исследования – оценка адаптивности и продуктивности коллекционных сортообразцов сафлора красильного различного эколого-географического происхождения в условиях аридного климата Нижнего Поволжья, а также выявление наиболее перспективных генотипов для дальнейшего использования в селекционной работе.

Объекты и методы исследований. В 2024 году были проведены полевые испытания 60 сортообразцов сафлора красильного из коллекции ВИР. Исследования проходили в засушливых условиях Астраханской области, на светло-каштановых почвах Черноярского района, на базе ФГБНУ «Прикаспийский федеральный аграрный научный центр РАН». Посев коллекционного питомника осуществлялся вручную на делянках площадью 1 м², с использованием широкорядного способа (междурядье 0,30 м). Каждый 20-й номер сопровождался высевом стандартного сорта «Астраханский 747». Норма высева составила 175 000 семян на гектар. Опыты проводились в трех повторностях с рандомизированным размещением делянок, в соответствии с общепринятыми методиками, Доспехова Б.А. (1985), Методику государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (1983) и Классификатор вида *Carthamus tinctorius* L. (1985) [7,8,9].

Обсуждение результатов. Посев образцов сафлора красильного в 2024 году проводили 16 апреля. Погодные условия характеризовались быстрым нарастанием среднесуточных температур воздуха и минимальным количеством осадков. Запасы продуктивной влаги на момент посева в метровом слое почвы составляли – 33,18 мм. Средняя температура воздуха была на уровне +17,2 °С, что выше среднееголетних показателей на 6,8 °С, а максимальная достигала +24,6 °С. В начале мая произошло похолодание: среднесуточные температуры опустились до 13,3 °С, что ниже нормы на 2,2 °С, а минимальные температуры достигли +1,3°С. Отсутствие осадков усугубило ситуацию с всходами. Во второй декаде мая выпало всего 1,4 мм осадков, а среднесуточные температуры оставались низкими (в среднем +13,9 °С, что на 3,3 °С ниже нормы). К концу мая температура воздуха резко поднялась до 20,5 °С, превысив средние многолетние значения на 1,1 °С.

Из-за отсутствия осадков фенологические фазы развития сафлора проходили с опозданием, относительно других лет изучения с задержкой порядка 30 суток. Из-за сложившейся ситуации уборку сафлора смогли начать только с 10 сентября, когда образцы достигли полной зрелости.

Период от посева до всходов в связи со сложившейся ситуацией составлял от 39 до 42 суток по всем образцам коллекционного питомника. Вегетационный период по сортообразцам варьировал от 96 до 105 суток.

Гидротермический коэффициент за этот период составил 0,2. Сумма активных температур за вегетацию достигла 3725,1 °С., количество осадков было равно 55,4 мм. Эти метеорологические данные, включая низкий ГТК, свидетельствуют о крайне засушливых условиях вегетации сафлора (табл. 1).

Таблица 1 – Количество осадков за вегетационный период сафлора, ФГБНУ «ПАФНЦ РАН», 2024 г.

Месяц/декада		Осадки, мм				Влажность воздуха, %			
		Средние многоле тние	текущ его года	Σ за меся ц	Σ за вегета цию	Средняя многолетн я	текущ его года	min текущ его года	Средн я за месяц
Апрель	II	6,0	0,6	0,6	55,4	59	59	22	21
	III	8,6	0			57	58	20	
Май	I	7,9	0	1,4		61	41	14	39
	II	10,8	1,4			56	46	17	
	III	8,9	0			50	32	13	
Июнь	I	7,6	0	9,1		51	42	16	48
	II	9,0	1,1			49	48	16	
	III	11,2	8,0			50	56	34	
Июль	I	7,8	0	17,4		50	32	12	38
	II	8,4	0			48	33	14	
	III	5,9	17,4			47	47	17	
Август	I	5,7	25,1	26,3		46	51	15	42
	II	5,2	1,2			46	40	14	
	III	5,6	0			48	35	13	
Сентябрь	I	7,0	0	0,6		52	32	11	34
	II	7,9	0,6			59	34	13	
	III	7,4	0			61	36	13	

Несмотря на неблагоприятные погодные условия 2024 года, исследование 60 образцов из коллекции ВИР позволило выявить 14 перспективных, которые превзошли стандарт по биологической ценности и хозяйственным качествам.

Анализ данных по основным элементам продуктивности сафлора продемонстрировал значительное превосходство некоторых образцов над стандартным сортом. Наибольшее количество корзинок на растении было зафиксировано у образцов К-487 (Бангладеш) – 20 шт., К-500 (Венгрия) – 18 шт., К-282 (Узбекистан) – 16 шт., К-476 (Пакистан) и К-504 (Венгрия) – по 15 шт., и К-568 (Канада) – 13 шт. Эти показатели превосходят стандартный сорт Астраханский 747 на 12 и 5 корзинок.

Число семян в корзинках исследованных образцов колебалось в диапазоне от 18 до 23 штук. Максимальное количество выполненных семян в одной корзинке, достигающее 23 штук, было зафиксировано у образцов К-12 (Испания), К-483 (Эфиопия) и К-572 (Китай). Данный показатель превышает стандартное значение на 6 единиц.

В ходе исследования было установлено, что масса семян с одной корзинки у изучаемых образцов варьировалась от 0,87 до 1,21 г. Наиболее урожайными по этому

показателю оказались образцы К-484 (Эфиопия), К-572 (Китай) и К-504 (Венгрия), показавшие 1,16–1,21 г, что превышает стандарт на 0,30–0,35 г (табл. 2).

Таблица 2 – Семенная продуктивность растений коллекционных образцов сафлора красильного, ФГБНУ «ПАФНЦ РАН», 2024 г.

№ по каталогу ВИР, название	Происхождение	Кол-во корзинок на 1 раст., шт.	Кол-во семян в 1 корзинке, шт	Масса семян с 1 корзинки,	Кол-во семян с 1 раст., шт.	Масса семян с 1 раст., г	Масса 1000 семян, г
Астраханский 747 St	Россия	8	17	0,86	157	8,29	44,53
К-12	Испания	11	23	1,09	230	11,77	47,67
К-25	Узбекистан	9	19	1,04	208	11,00	45,50
К-282	Узбекистан	16	19	0,97	270	16,17	46,43
К-476	Пакистан	15	19	1,01	241	14,68	53,70
К-483	Эфиопия	11	23	1,06	257	12,15	45,03
К-484	Эфиопия	10	20	1,16	160	8,95	44,73
К-485	Испания	10	19	1,06	180	8,49	45,60
К-486	Эфиопия	10	19	0,87	195	8,72	45,03
К-487	Бангладеш	20	18	0,91	326	19,93	51,43
К-500	Венгрия	18	20	1,11	171	9,70	47,03
К-504	Венгрия	15	22	1,21	301	16,42	49,50
К-568	Канада	13	19	0,96	179	9,29	44,73
К-572	Китай	11	23	1,19	244	15,33	49,50
К-579	Тунис	10	19	0,96	219	12,36	49,37

Результаты исследований выявили образцы сафлора с наиболее высокими показателями по количеству и массе семян с одного растения. К ним относятся образцы К-282 (Узбекистан), К-504 (Венгрия) и К-487 (Бангладеш). Эти образцы формировали от 270 до 326 семян, что значительно превышало контрольный показатель на 113-169 штук. Масса семян у этих же образцов варьировалась от 16,17 до 19,93 г, превосходя контроль на 7,88-11,64 г.

Масса 1000 семян – важный показатель, влияющий на урожайность сафлора. Исследуемые образцы К-504 (Венгрия), К-572 (Китай), К-579 (Тунис), К-487 (Бангладеш) и К-476 (Пакистан) продемонстрировали массу 1000 семян в диапазоне 44,73-53,70 г, что на 4,97-9,17 г выше, чем у стандартного сорта Астраханский 747 (см. табл. 2).

Несмотря на сложные погодные условия в период вегетации сафлора красильного, урожайность 14 отобранных образцов сафлора варьировала от 0,79 до 1,31 т/га. Наиболее высокую урожайность показали образцы К-504 (Венгрия), К-568 (Канада), К-484 (Эфиопия), К-500 (Венгрия), К-12 (Испания), К-476 (Пакистан), К-282 (Узбекистан) и К-579 (Тунис). Прибавка урожая у этих образцов по сравнению с контрольным сортом составила 0,35-0,87 т/га (рис. 1).

Вывод. Анализ полученных данных выявил из 60 образцов 14 перспективных, которые значительно превосходят стандартный сорт Астраханский 747 по ключевым показателям продуктивности. К числу наиболее перспективных отнесены образцы: К-12 (Испания), К-282 (Узбекистан), К-476 (Пакистан), К-579 (Тунис), К-504 (Венгрия) и К-487 (Бангладеш). Эти генотипы рекомендованы для дальнейшего изучения и использования в

селекционной работе с целью создания новых сортов сафлора, адаптированных к условиям Астраханской области и других регионов с засушливым климатом.

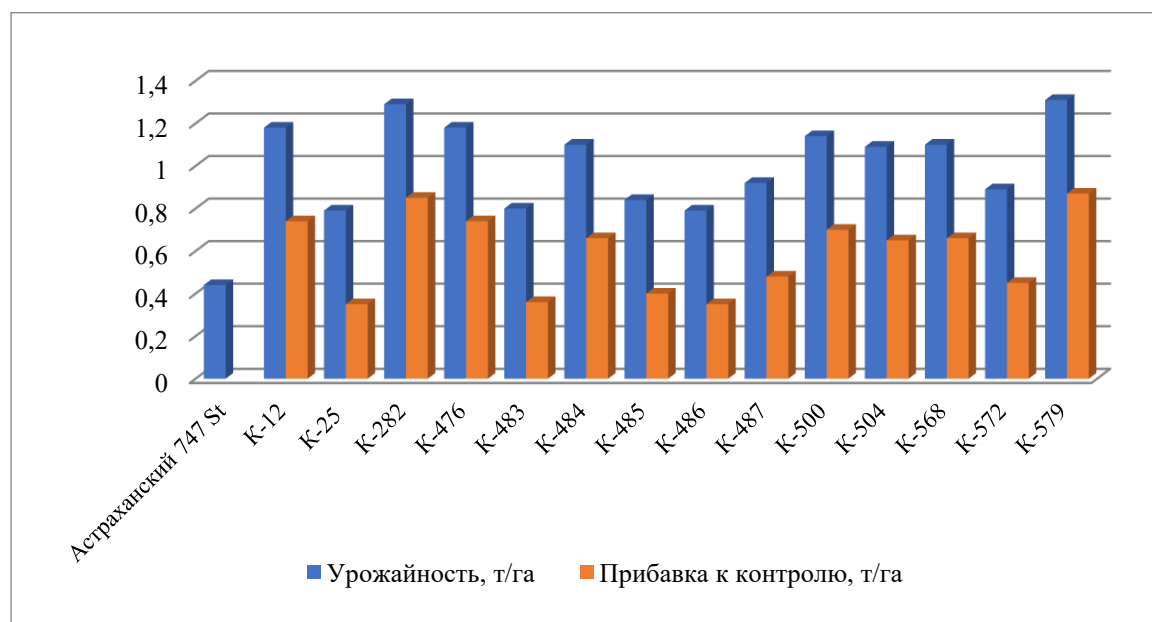


Рис. 1. Урожайность сафлора красильного, ФГБНУ «ПАФНЦ РАН», 2024 г.

Литература

1. Леонтьев В. И., Сухарева Е. П., Рябова Е. Н. Возделывание сафлора красильного в сухостепной зоне темнокаштановых почв Нижнего Поволжья. Научно-агрономический журнал. 2013;(1(92)):34-38
2. Зайцева Н.А. Оценка сортообразцов сафлора на продуктивность и качество в аридных условиях Северного Прикаспия/ Н. А. Зайцева, И. И. Климова // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2023. № 24 (5). С. 785-791.
3. Зайцева Н. А., Ячменева Е. В., Климова И. И., Дьяков А. С. Перспективные сортообразцы сафлора для возделывания в различных условиях увлажнения на светло-каштановых почвах Нижнего Поволжья. Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. 2021;(3):23-27.
4. Мекельбург Д.Д. Сравнительная оценка сортов сафлора красильного в условиях возделывания на светло-каштановых почвах волгоградской области / Д.Д. Мекельбург // Наука и молодёжь: новые идеи и решения. Материалы XIV Международной научнопрактической конференции молодых исследователей. – Волгоград, 2020. 226-228 с.
5. J.-X. Liu Hyperspectral characteristics of *Carthamus tinctorius* in Xinjiang region / J.-X. Liu, Z. Guo, G. Li, J.-W. Yue et al. // Zhongguo Zhong Yao Za Zhi. – 2013. – Vol. 38, No. 9. – Pp. 1335–1339
6. Gürbüz B., Kiralan M. Oil Content and Fatty Acid Composition of Some Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) Varieties Sown in Spring and Winter. International Journal of Natural and Engineering Sciences. 2007;1(3):11-15.
7. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследования / Б.А. Доспехов. -М.: Агропромиздат, 1985. -351с.
8. Классификатор вида *Carthamus tinctorius* L. (Сафлор красильный). –Л.: -1985. – 15 с.
9. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Выпуск 3. Масличные, эфиромасличные, лекарственные и технические культуры, шелковица, тутовый шелкопряд. / под. ред. М.А. Федина. -1983. – 184 с.

УДК 635.621

ФЕНОЛОГИЧЕСКИЕ ФАЗЫ РОСТА И РАЗВИТИЯ СОРТОВ ТЫКВЫ В УСЛОВИЯХ ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

Вишневских Я.Н., аспирант, *vishnevskih.yan@gausz.ru*,

Рзаева В.В., канд. с.-х. наук, доцент, заведующая кафедрой земледелия,
rzaevavv@gausz.ru

ФГБОУ ВО Государственный аграрный университет Северного Зауралья (Тюмень)

Реферат: Исследования фенологии сельскохозяйственных культур становятся особенно актуальными в условиях изменяющегося климата. Сдвиги в температурных режимах, изменение количества и распределения осадков, а также увеличение частоты экстремальных погодных явлений оказывают существенное влияние на развитие растений. Точные данные о фенологических фазах позволяют своевременно корректировать агротехнические мероприятия, минимизируя негативные последствия климатических изменений. В частности, определение оптимальных сроков посева, внесения удобрений и проведения защитных мероприятий базируется на знании фенологических особенностей сортов и их реакции на конкретные климатические условия. Это позволяет избежать потерь урожая, связанных с неблагоприятными погодными условиями, и повысить эффективность использования ресурсов. Кроме того, фенологические наблюдения могут служить индикатором экологического состояния окружающей среды, сигнализируя о нарушениях в природном балансе и необходимости принятия мер по его восстановлению.

Ключевые слова: тыква, сорта, полезные свойства, лечебные свойства, фенофазы, рост, развитие

Summary: Research into the phenology of agricultural crops is becoming especially relevant in the context of a changing climate. Shifts in temperature regimes, changes in the amount and distribution of precipitation, and an increase in the frequency of extreme weather events have a significant impact on plant development. Accurate data on phenological phases allow timely adjustments to agricultural practices, minimizing the negative effects of climate change. In particular, determining the optimal timing for sowing, fertilizing, and implementing protective measures is based on knowledge of the phenological characteristics of varieties and their response to specific climatic conditions. This helps avoid crop losses associated with adverse weather conditions and improve the efficiency of resource use. In addition, phenological observations can serve as an indicator of the ecological state of the environment, signaling disturbances in the natural balance and the need to take measures to restore it.

Keywords: pumpkin, varieties, useful properties, medicinal properties, phenophases, growth, development

Введение. Семейство Тыквенных (Cucurbitaceae) насчитывает более 100 родов и приблизительно 1100 видов. В российском овощеводстве, охватывающем регионы Дальнего Востока и сельскохозяйственные зоны Приамурья, культивируются три разновидности тыквы: крупноплодная (С. Maxima Duch.), твердокорая (С. Pepo L.) и мускатная (С. Moschata Duch.). Арбузы, дыни, тыквы и кабачки культивируют ради их сочных плодов, которые находят применение в пищевой промышленности, для кормов и в качестве продовольственного ресурса [1].

Тыква, за счёт своей гибкости и питательной ценности, занимает важное место среди овощей. Её плоды не только полны каротином, сахаров и мелких элементов, но также имеют хорошие диетические качества. Высокое содержание клетчатки и низкая калорийность делают тыкву отличным продуктом для правильного питания что исключает риск появления лишнего веса и заболеваний с ним связанных. Более того благодаря своим антиоксидантным качествам тыква помогает уменьшить возможность возникновения сердечно-сосудистых и

раковых болезней. Семена тыквы — это полезный источник белка и хороших жиров так их часто используют в еде. Вещества из тыквы также нужны в медицине где на основе них делают лекарства для силы иммунитета и здоровья. К тому же, тыква может храниться долго — до нескольких месяцев что позволяет есть её вкус круглый год и получать витамины, когда нет свежих овощей.

Поскольку тыква высоко ценится за свои питательные, лечебные и диетические свойства, её популярность постоянно растёт. В связи с этим особое значение приобретает изучение перспективных сортов культуры в контексте их адаптации к сезонным особенностям региона.

Материалы и методы исследований. Исследования проведены в 2024-2025 гг. на опытном поле ФГБОУ ВО Государственного аграрного университета Северного Зауралья в зоне северной лесостепи Тюменской области. Предшественником были однолетние травы (горох с овсом). Почвенный покров представлен выщелоченным чернозёмом тяжёлого суглинистого типа. Гумусовый горизонт отличается высокой общей пористостью, составляющей 55-56 % от его объёма. Климат северной лесостепи характеризуется долгой и холодной зимой, коротким и тёплым летом, а также быстрыми весной и осенью. Для этого региона типичны поздние весенние и ранние осенние заморозки, что сокращает безморозный период. Годовое количество осадков составляет 345 мм, при этом большая часть (305 мм) выпадает в период активного роста растений. Среднегодовая температура воздуха с показателями выше 5°C находится в диапазоне 1900-2050° С, а выше 10° С – 1860-1940 °С. Фенологические наблюдения в период вегетационного периода проведены в соответствии с «Методикой государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур» (2015) [2].

Для исследования в 2024-2025 гг. были взяты такие сорта тыквы крупноплодной, как Волжская серая 92, Ольга, Карина; тыквы твердокорой – Грибовская кустовая 189, Кустовая Оранжевая, Кустовая Золотая; тыквы мускатной – Афродита. Схема посадки 1,4х1,4 м.

Глубокое понимание того, как погодные условия влияют на различные стадии развития растений (фенологические фазы), является ключом к успешному сельскому хозяйству. Изучая эти взаимосвязи, мы получаем ценную информацию об агробиологических свойствах различных сортов культурных растений, что позволяет оценить их приспособленность к специфическим климатическим условиям определенного региона. Результаты таких исследований не только помогают уточнить границы, в пределах которых эффективно выращивать тот или иной сорт, но и обосновывают применение различных агротехнических приемов, направленных на оптимизацию урожайности и качества сельскохозяйственной продукции [3].

Переход из одной фенологической фазы в другую сопровождается характерными морфологическими изменениями: появлением всходов, образованием бутонов, цветением, созреванием плодов. Эти изменения служат важными индикаторами состояния растения и позволяют оценить его здоровье и потенциал урожайности. Понимание этих процессов, а также их взаимосвязи с метеорологическими факторами, позволяет разработать стратегии повышения эффективности сельского хозяйства, увеличения урожайности и улучшения качества продукции, а также способствует продлению периода вегетации растений, максимально используя благоприятные условия каждого сезона. В конечном итоге, все это направлено на повышение экономической эффективности сельскохозяйственного производства и обеспечение продовольственной безопасности.

Обсуждение результатов. Наши исследования выявили, что оптимальное время для посева тыквы в Тюменской области варьируется с 2 по 4 июня, в зависимости от погодных условий конкретного года. В 2024 году, из-за установившейся холодной погоды, посев был произведен 4 июня. В 2025 году первые всходы сортов Ольга и Грибовская кустовая 189 появились уже 7 июня. Развитие растений, в частности, формирование третьего листа, происходило у разных сортов в разные сроки. В 2024 году сорта Кустовая Оранжевая и Кустовая Золотая отличались более ранним появлением третьего листа, в то время как в 2025 году это наблюдалось у сортов Ольга и Грибовская кустовая 189. Сорта Афродита и

Карина в 2024 году, а также Волжская серая 92 и Хоккайдо в 2025 году, демонстрировали более позднее формирование третьего листа.

Цветение женских цветов в 2024 году наблюдалось в III декаде июля, а в 2025 году в I декаде июля. Во время данной фазы, что особенно интересно для наблюдений, раскрытие мужских и женских цветов было неравномерно, т.е. одни гинецеи раскрывались на 1-3 дня, раньше других. При завязывании плодов до 10 % растений наступала фаза «плодоформирование», которая протекала очень быстро, и уже в среднем через 5-7 суток наступал длительный период нарастания плодов, вплоть до полной спелости. Быстрое плодоформирование (5-7 дней) представляет собой важный агрономический показатель, свидетельствующий о высокой продуктивности исследуемых сортов тыквы. В 2024 году первый сбор сортов тыквы начался 11 сентября, а в 2025 году – 10 сентября. Разница в дате начала сбора между годами составила один день (табл. 1).

Таблица 1 – Фенологические фазы роста и развития сортов тыквы, 2024-2025 гг.

Сорт тыквы	Дата посева, июнь	Всходы в июне	Образование третьего листа, июнь	Плетеобразование, июнь	Бутонизация женских цветков, июль	Цветение мужских цветков, июль	Цветение женских цветков, июль	Образование завязей, июль	Начало плодоношения (первый сбор) (плодов), сентябрь	Техническая спелость (последний сбор) (плодов), сентябрь
2024 г.										
Кустовая Оранжевая	04	10	15	23	09	12	16	21	11	19
Кустовая Золотая	04	10	15	23	09	14	17	20	11	19
Афродита	04	11	17	25	12	17	20	24	11	19
Карина	04	11	17	25	14	17	20	24	11	19
2025 г.										
Ольга	02	07	11	20	08	11	15	19	10	18
Волжская серая 92	02	09	14	19	05	08	12	15	10	18
Грибовская кустовая 189	02	07	11	19	08	11	15	18	10	18
Хоккайдо	02	09	15	20	09	12	17	21	10	18

Погодные условия внесли значительные изменения в сроки наступления фенологических фаз и длительность межфазных периодов, наравне с исследуемыми факторами. Это проявилось в том, что появление всходов и первого настоящего листа у всех изучаемых сортов происходило в разные сроки (табл. 2).

Количество дней от посева до всходов у тыквы различных групп спелости в среднем составило от 5 до 7 суток. Образование первого листа в 2024 у сортов Кустовая Оранжевая, Кустовая Золотая произошло на 2 дня раньше, чем у сортов Афродита, Карина. Раньше всех массовое цветение наблюдалось у сортов Ольга, Грибовская кустовая 189, через 34 дня от всходов. Период от всходов до 1 сбора имел несущественные различия между сортами. Размеры плодов на момент начала созревания значительно варьировались в зависимости от сорта. У сортов Кустовая Оранжевая и Кустовая Золотая плоды достигали товарных размеров уже в середине августа, в то время как у сортов Афродита, Карина, Волжская серая

92 и Хоккайдо этот процесс занимал больше времени и завершался ближе к концу августа – началу сентября.

Таблица 2 – Длительность межфазных периодов, 2024-2025 гг.

Сорта	Число дней от посева до всходов	Число дней от всходов до		
		образования 1-го листа	массового цветения женских цветов	1-го сбора
Кустовая Оранжевая	6	9	36	93
Кустовая Золотая	6	9	37	93
Афродита	7	11	41	92
Карина	7	11	41	92
Ольга	5	9	34	91
Волжская серая 92	7	12	36	93
Грибовская кустовая 189	5	9	34	91
Хоккайдо	7	10	38	93

Общая продолжительность вегетационного периода у изучаемых сортов тыквы разных групп спелости колебалась от 85 до 125 дней. По длине вегетационного периода раннеспелыми оказались сорта Ольга и Грибовская кустовая 189. Продолжительность вегетационного периода, как показали исследования, существенно зависела не только от группы спелости, но и от конкретного сорта. В ходе наблюдений было установлено, что достаточное количество солнечного света и умеренная температура способствовали более быстрому развитию растений и, как следствие, сокращению вегетационного периода. Недостаток влаги в почве, напротив, замедлял рост и развитие тыквы, приводя к увеличению продолжительности вегетации.

Вывод. Таким образом, фенологические наблюдения показали, что прохождение фенологических фаз сортов тыквы соответствует сезонному ритму региона. Анализ данных показал интересную закономерность: разница во времени между появлением первых всходов и началом массового цветения коррелировала с общей продолжительностью вегетационного периода. У раннеспелых сортов этот промежуток был меньше, что подтверждает их более быстрый темп развития. Также следует отметить, что все изученные сорта показали высокую устойчивость к неблагоприятным погодным условиям региона, подтверждая их адаптацию к местному климату. Результаты исследования будут использованы для разработки рекомендаций по выбору наиболее подходящих сортов тыквы для конкретных условий выращивания и потребностей потребителей.

Литература

1. Троян, Т.Н. Рост и развитие тыквы крупноплодной (*Cucurbita maxima* Duchesne) при возделывании в кормовых целях. Известия КГТУ. 2018; 49: 228-235.
2. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Выпуск четвертый картофель, овощные бахчевые культуры. 2015. URL: http://gossort.com/.com/metodiki_ksi.html. Ссылка активна на 16.08.2025
3. Сойенова, А. Н. Прохождения фенологических фаз роста и развития видов и сортов тыквы в условиях Горного Алтая. Научные инновации - аграрному производству: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию юбилею Омского ГАУ, Омск, 21 февраля 2018 года. Омск: Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина, 2018; 398-402.

УДК 631.52:633.853.494

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СОРТОВ РАПСА ОЗИМОГО ПО ПРОДУКТИВНОСТИ И САХАРИСТОСТИ НЕКТАРА

Пирогова Е.А.

ФГБНУ ФНЦ «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур
имени В.С. Пустовойта» (Краснодар), e-mail: pirogova_ea@inbox.ru

Реферат. В исследованиях была показана методика определения количества продуцированного нектара в цветках растений сортов рапса озимого, и содержания в нём сахара. Высокой секрецией нектара обладал сорт Селегор, наиболее высоким уровнем сахаристости характеризовались сорта Элвис и Оливин. Установлено влияние относительной влажности воздуха на основные свойства нектара. Содержание сахара в нектаре имело сильную отрицательную корреляцию с количеством нектара.

Ключевые слова: рапс озимый, нектаропродуктивность, содержание сахара, температура, влажность воздуха

Summary: The research demonstrated a method for determining the amount of nectar produced in the flowers of winter rapeseed plants and its sugar content. High nectar secretion is associated with the Selegor variety, while the most sugary nectar is found in the Elvis and Olivine varieties. The relative influence of air humidity on the main characteristics of nectar was established. The sugar content in nectar had a strong negative relationship with the nectar content.

Key words: winter rapeseed, nectar, nectar production capacity, sugar content, temperature, air humidity

Введение. Рапс озимый является одной из основных энтомофильных культур, а также считается хорошим медоносом. Основным насекомым-опылителем является пчела медоносная (*Apis mellifera*). При благоприятных условиях во время цветения рапса озимого его цветки синтезируют такое количество нектара, из которого можно получить до 90–100 кг меда с гектара, это в 2 раза больше, чем у подсолнечника, и в 1,5 раза больше, чем у гречихи [1,2]. Ранее цветение рапса озимого способствует начальному развитию пчелиных семей и стимулирует у них энергичную летную деятельность, предоставляя источник пищи весной.

Нектар – это водный раствор углеводов (мальтозы, раффинозы, рибозы, монозы, арабинозы), аминокислот, минеральных и органических кислот, фосфатов, витаминов и некоторых ферментов, выделяющийся из специализированных секреторных структур, которые находятся в цветке растения – нектарниках [3]. Состав, концентрация и доступность этого вещества чаще всего определяют тип опыления культуры. Механизмы выделения нектара заключаются в создании гидростатического давления, которое приводит к фильтрации нектара в микропоры клеточных оболочек, выводя его на поверхность цветка. Все нектарники возникают путем деления клеток эпидермального и субэпидермального слоев и занимают определенное место в цветке. У представителей

рода *Brassica* нектарники находятся у основания андрцея, между чашелистиками и тычиночными нитями [4].

Секреция нектара напрямую зависит от температуры воздуха. Для большинства растений минимальная температура для выделения нектара +10 °С, с повышением температуры процесс усиливается, а наиболее интенсивно происходит при +16–25 °С [5].

Концентрация сахара в нектаре напрямую зависит от относительной влажности воздуха. Низкие значения относительной влажности (ниже 25 %) приводят к быстрому испарению воды из нектара, таким образом, увеличивая концентрацию сахара [6,7]. Производство нектара уменьшается, когда растение испытывает стресс из-за недостатка влаги в почве, и увеличивается с повышением её влажности. Существует оптимум влажности почвы, за пределами которого гидратация нектара снижается. Состав сахаров нектара в большинстве случаев в течение дня не изменяется [8].

Исследования показывают, что при увеличении процента сахара в нектаре, возрастает его аттрактивность для насекомых-опылителей, даже если его секреция снижена [9]. Различия в производстве нектара не всегда препятствуют пчелопосещению растений. Некоторые генотипы с невысокой нектаропродуктивностью могут быть более привлекательными для пчел [10].

Так как нектаропродуктивность и сахаристость рапса озимого является слабоизученным вопросом, нами были проведены исследования направленные на определение содержания нектара и сахаров, а также динамики изменения этих признаков у коммерческих сортов рапса озимого.

Объекты и методы исследований. Для определения продуктивности и концентрации сахара была модифицирована методика, применяемая на подсолнечнике [11]. Мы смогли адаптировать её на озимый рапс и высчитывали объем нектара в цветках с помощью формулы. Исследования проводили 30 апреля, 2 мая и 5 мая 2025 года в четырехкратной повторности. Материалом для исследований послужили коммерческие сорта рапса озимого: Элвис, Сармат, Лорис, Селегор и Оливин. Растения выращивали в одинаковых условиях селекционного севооборота центральной экспериментальной базы ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК центральной зоны Краснодарского края.

Нектар отбирали в дневное время (с 13 до 14 часов) при помощи микрокапиллярных трубок, внешний диаметр которых составлял 0,50 мм, а внутренний 0,25 мм с 10-ти одновременно раскрывшихся цветков. Для определения содержания сахара в нектаре использовался рефрактометр HI96801. Перевод количества нектара в объемную единицу осуществляли по формуле для определения объема цилиндра:

$$V = \frac{\pi d^2 l}{4},$$

где V – объем цилиндра (объем нектара, произведённый 10-ю цветками), мм³;

d – внутренний диаметр микрокапиллярной трубки, мм;

l – длина микрокапиллярной трубки, занятая нектаром, мм.

Обсуждение результатов. Количество выделяемого нектара зависит от многих факторов: места выращивания растений, фазы развития цветка, времени суток, освещения, погодных условий, сложившихся во время сбора нектара.

В нашем опыте, во время отбора нектара из цветков изучаемых сортов рапса озимого, средняя температура воздуха была 20 °С – 30 апреля, 22 °С – 2 мая и 23 °С – 5 мая, относительная влажность воздуха 39 %, 51 % и 62 % соответственно (рис. 1).

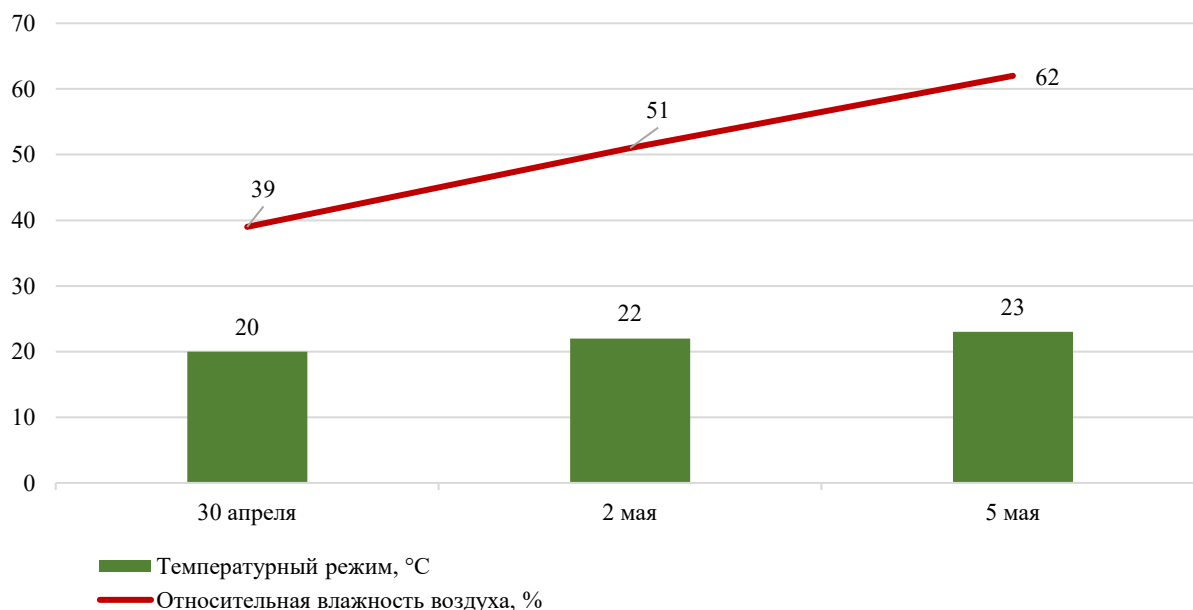


Рис. 1. Температура и относительная влажность воздуха в дни проведения исследований

Анализ результатов наших исследований 30 апреля показал, что сорт Селегор характеризовался самой высокой нектаропродуктивностью – 1,7 мм³, а сорт Элвис самой низкой – 0,8 мм³. Причём сахаристость нектара сорта Селегор была на самом низком уровне – 66,4 %, а сорта Элвис максимальной – 71,2 %. Сорта Оливин, Лорис и Сармат содержали одинаковое количество нектара в цветках, по 1,2; 1,1 и 1,1 мм³ соответственно, а уровень сахаристости варьировал от 67,7 до 69,5 %.

Таблица 1 – Характеристика нектара у сортов рапса озимого в дни проведения исследований в 2025 г.

Признак	Элвис	Лорис	Сармат	Селегор	Оливин	НСР ₀₅
30 апреля						
Количество нектара, мм ³	0,8	1,1	1,1	1,7	1,2	0,13
Сахаристость, %	71,2	67,7	69,0	66,4	69,5	0,66
2 мая						
Количество нектара, мм ³	1,2	2,3	2,1	2,6	1,8	0,14
Сахаристость, %	52,3	49,9	50,5	47,7	52,0	0,61
5 мая						
Количество нектара, мм ³	1,4	2,7	2,5	3,4	2,2	0,12
Сахаристость, %	42,5	38,4	40,0	35,9	46,8	0,58

Во время проведения опыта 2 мая температура воздуха увеличилась до 22 °С, а влажность воздуха до 51 %, в отличие от первого дня исследований. Нектаропродуктивность изучаемых сортов повысилась на 0,8 мм³, а сахаристость нектара снизилась в среднем на 18,3 %.

Более поздний срок проведения исследований (5 мая) в отличие от раннего (30 апреля) характеризовался повышенной на 23 % влажностью и более высокой на 3 °С температурой воздуха, что существенно отразилось на учитываемых нами параметрах. Объем собранного нектара увеличился почти в 2 раза в среднем на 1,3 мм³, а содержание сахарозы снизилось на 28,1 %. Сорт Селегор сохранил лидирующую позицию по нектаропродуктивности с показателем 3,4 мм³. Сорт Элвис продуцировал меньше всего нектара – 1,4 мм³. Концентрация сахара в нектаре сортов Оливин и Элвис была наиболее высокой и составила 46,8 и 42,5 % соответственно. Наименьшее содержание сахаров наблюдалось также у сорта Селегор – 35,9 %.

Проведённые нами исследования подтверждают информацию о существенном влиянии метеофакторов на количество и качество нектара в цветках рапса озимого. Содержание сахара в нектаре сильно зависело от нектаропродуктивности. Уровень сахаристости у изучаемых сортов имел тесную отрицательную связь ($r = -0,91$) с количеством нектара (рис. 2).

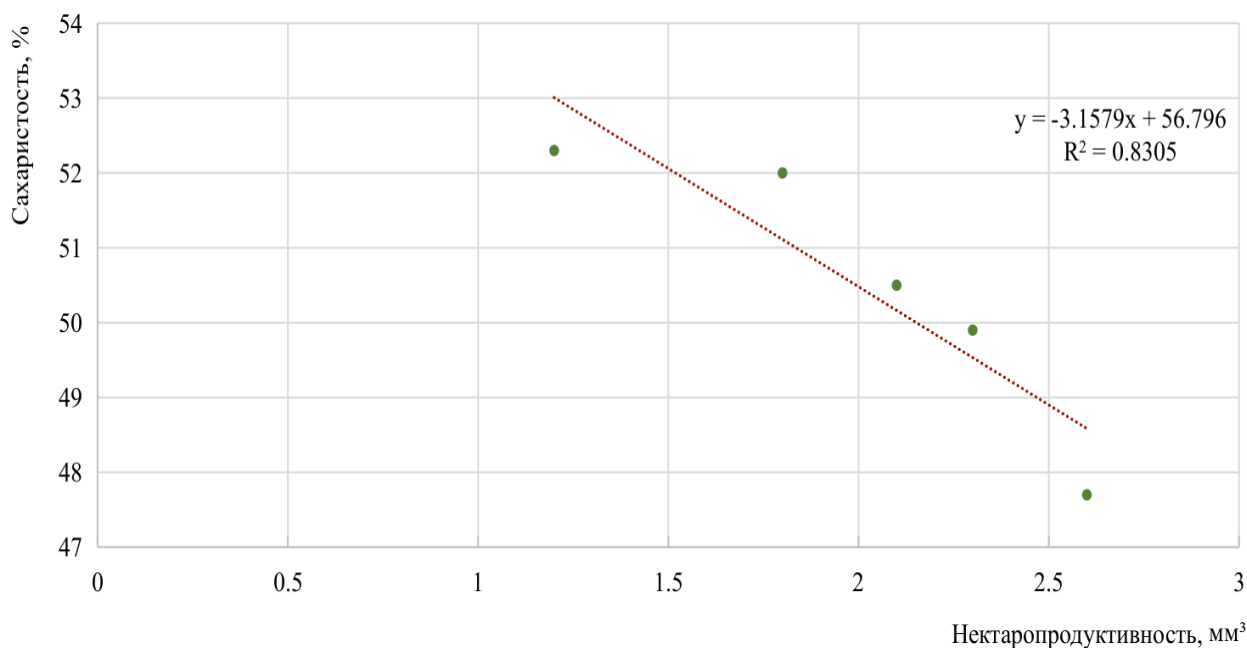


Рис. 2. Корреляция между содержанием нектара и уровнем его сахаристости у сортов рапса озимого

Выводы. В ходе эксперимента было установлено, что:

- сорта имеют существенные различия как по продуктивности, так и по сахаристости нектара;
- нектаропродуктивность изучаемых коммерческих сортов составляла 1,1–2,6 мм³. Наибольшее количество нектара демонстрировал сорт Селегор;
- содержание сахара в нектаре рапса озимого было на уровне 50,0–56,5 %. Наибольшей сахаристостью нектара обладали сорта Элвис и Оливин;

– при повышении влажности воздуха наблюдалось существенное повышение количества нектара и снижение сахаристости;

– уровень сахаров в нектаре имел сильную отрицательную корреляцию с количеством выделяемого нектара в цветках рапса озимого ($r = -0,91$).

Литература

1. Бурмистров А.Н. Влияние удобрений на нектаропродуктивность растений. Тр. института пчеловодства. 1964: 126-138.
2. Солонникова Н.В., Прудников С.М. Применение способа идентификации современных сортов и гибридов семян рапса. Научные труды КубГТУ. 2015; 4: 323-337.
3. Васильев А.Е., Котеева П.К. Нектар: состав, роль, механизм образования. Ботанический журнал. 2010; 95 (10): 1361-1379.
4. Vesprini J., Nepi L.M., Pacini E. Nectary structure, nectar secretion patterns and nectar composition in two *Helleborus* species. *Plant Biology*. 1999; 1 (5): 560-568.
5. Мазина Г.С., Кузьмин А.А., Владимирова С.В. Сравнительный анализ влияния погодных условий на медосборы 2016 и 2017 гг. в условиях Псковского района. Известия Великолукской ГСХА. 2018; 2: 2-7.
6. Pacini E., Nepi M., Nicolson S.W. Nectar production and presentation. *Nectaries and Nectar*. 2007: 167-214.
7. Нарчук Э.П., Морева Л.Я. Нектар как возобновляемый биологический ресурс. Научный и прикладной журнал «Биосфера». 2016; 8 (3): 301-314.
8. Яковлева Л.П. Зауралов О.А. Изменчивость состава сахаров в нектаре. Пчеловодство. 1973; 9: 20-21.
9. Еськов Е.К. Этология медоносной пчелы. М.: Колос, 1992, 336 с.
10. Тихонов О.И., Бочкарёв Н.И., Дьяков А.Б. Биология подсолнечника, селекция и технология выращивания М.: Агропромиздат, 1991, 268 с.
11. Демурын Я.Н., Рубанова О.А., Чебанова Ю.В. и др. Изменчивость репродуктивных признаков у генотипов подсолнечника с различным содержанием жирных кислот и токоферолов в семенах. Масличные культуры. 2022; 4 (192): 3-11.

УДК 633.15:631.559(470.64)

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫСОКОЙ УРОЖАЙНОСТИ ГИБРИДОВ КУКУРУЗЫ
И ИХ РОДИТЕЛЬСКИХ ФОРМ ПУТЕМ ИНТЕГРИРОВАННОЙ БОРЬБЫ
С СОРНЯКАМИ В КАБАРДИНО-БАЛКАРИИ****Шогенов Ю.М., канд. с.-х. наук,
Бозиев Т.А., аспирант***ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет
имени В.М. Кокова» (Нальчик)*

Реферат. Кукуруза занимает одно из центральных мест в мировом сельском хозяйстве благодаря своей универсальности: она используется в пищу, на корм скоту и как источник возобновляемого сырья для различных отраслей. Многолетний опыт ученых Кабардино-Балкарской республики демонстрирует значительный потенциал для увеличения урожайности зерна и силосной массы кукурузы путем применения передовых, научно обоснованных технологий возделывания. Эти технологии включают в себя комплекс взаимосвязанных мероприятий, своевременное и качественное выполнение которых гарантирует стабильно высокие урожаи. Ключевыми аспектами являются повышение плодородия почвы, эффективная борьба с сорняками, болезнями и вредителями, при этом соблюдаются принципы охраны окружающей среды и экономической эффективности. При этом учитываются такие факторы, как уровень материально-технического обеспечения, биологические особенности сортов и гибридов кукурузы, состояние конкретного поля и климатические условия. В рамках данной статьи проводится анализ воздействия почвенных и послевсходовых гербицидов на участках гибридизации перспективных гибридов кукурузы, а также изучается применение биостимуляторов для предотвращения стрессовых состояний. Установлено, что наилучшим сочетанием в условиях предгорной зоны Кабардино-Балкарской республики является набор гербицидов в сочетании «Мерлин, ВДГ» - 0,13 кг/га «Милагро, КС+ Дианат, ВР» 1,0 л /га + 0,4 л /га, где возможно получение прибавки урожая 1,55-1,58 т/га или на 24,1-25,9 % выше стандарта на участках гибридизации.

Ключевые слова: кукуруза, гибрид, гербицид, участок гибридизации

Abstract. Corn occupies a central place in world agriculture due to its versatility: it is used as food, animal feed and as a source of renewable raw materials for various industries. Many years of experience of scientists from the Kabardino-Balkarian Republic demonstrates significant potential for increasing the yield of grain and silage mass of corn through the use of advanced, scientifically based cultivation technologies. These technologies include a set of interrelated activities, the timely and high-quality implementation of which guarantees consistently high yields. The key aspects are increasing soil fertility, effective control of weeds, diseases and pests, while observing the principles of environmental protection and economic efficiency. At the same time, such factors as the level of logistics, biological characteristics of corn varieties and hybrids, the state of a particular field and climatic conditions are taken into account. This article analyzes the impact of soil and post-emergence herbicides on hybridization sites of promising corn hybrids, and studies the use of biostimulants to prevent stress conditions. It has been established that the best combination in the conditions of the foothill zone of the Kabardino-Balkarian Republic is a set of herbicides in combination "Merlin, VDG" - 0.13 kg / ha "Milagro, KS + Dianat, VR" 1.0 l / ha + 0.4 l / ha, where it is possible to obtain a yield increase of 1.55-1.58 t / ha or 24.1-25.9 % higher than the standard in hybridization areas.

Key words: corn, hybrid, herbicide, hybridization area

Введение. Для получения обильного урожая кукурузы необходимо уделять внимание каждому этапу ее развития, начиная с посева и заканчивая сбором. Правильный уход обеспечивает растениям благоприятные условия для роста, защищает от сорняков, вредителей и болезней, а также гарантирует достаточное поступление питательных веществ.

Эффективное выращивание кукурузы невозможно без продуманной стратегии борьбы с сорняками. Она включает в себя как механические методы обработки почвы, так и рациональное применение гербицидов, учитывающее экономическую целесообразность и экологическую безопасность [1-4].

Объекты и методы исследований. Наши исследования были направлены на сбор экспериментальных данных для совершенствования методов получения семян перспективных гибридов кукурузы и их родительских форм. Ожидается, что внедрение новых подходов позволит увеличить урожайность семенного материала на 10-15 %.

Новизна наших опытов заключается в повышении урожайности на участках, где выращиваются семена кукурузы, благодаря применению элементов адаптивно-ландшафтной технологии в предгорной зоне Кабардино-Балкарской Республики.

Исследования проводились на базе учебно-производственного комплекса Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета (КБГАУ), расположенного в предгорной зоне Кабардино-Балкарской Республики. Мы следовали рекомендациям «Методики по производству гибридных семян кукурузы» (Краснодар, 2011 г.).

В ходе экспериментов были использованы семена родительских форм, разработанные инновационно-производственной агрофирмой «Отбор». Также применялись почвенные и послевсходовые гербициды от ведущих компаний: «Байер», «Сингента» и «Агро Рус».

Опыты проходили с 2022 по 2024 годы на территории опытного участка УПК КБГАУ, расположенного в предгорной зоне КБР. Эта местность находится на высоте 400-600 метров над уровнем моря и характеризуется холмистым рельефом на юго-востоке и волнообразно террасированной равниной на северо-западе. Почва участка представлена выщелоченным тяжелосуглинистым черноземом с хорошо сформированной комковато-зернистой структурой. Сумма активных температур в этом регионе составляет 3000-3200 °С, а уровень увлажнения – умеренный.

Для участков, где выращиваются семена кукурузы, оптимальными предшественниками считаются: соя, горох, смесь гороха и овса, озимые зерновые и кормовые культуры, а также рапс. Не рекомендуется высаживать семенные посевы после кукурузы, предназначенной для зерна или силоса, из-за высокого риска появления всходов из оставшихся семян.

Также не рекомендуется высаживать семенную кукурузу после подсолнечника, сахарной свеклы, сорго и других культур, которые сильно иссушают почву.

При выборе предшественника важно учитывать степень зараженности поля почвообитающими вредителями, исключая участки с высокой численностью проволочника, медведки и других вредителей.

Для уменьшения засоренности полей, предназначенных под семенные посевы, необходимо проводить вспашку почвы.

Подготовку почвы под семенные посевы кукурузы следует начинать сразу после уборки предшественника. Лушение стерни проводится дисковыми орудиями в один или два прохода. При обильном появлении корневищных и корнеотпрысковых сорняков рекомендуется обработка системным гербицидом широкого спектра действия.

В связи с тем, что для борьбы с сорняками используются как почвенные, так и страховые гербициды, необходимо минимизировать обработку почвы после посева [5-11].

Обсуждение результатов. В ходе исследования нами установлено, что биометрические и урожайные показатели изменялись в зависимости от применения различных гербицидов (табл. 1).

Так, на варианте 1 высота растения у гибрида Родник 179 СВ достигала 243,0 см, а на остальных вариантах отмечается повышение на 10,0 см и 15,0 см за счет создания наиболее благоприятных условий растения кукурузы.

У гибрида Агата СВ высота 1 достигала 230,8 см, на остальных достигала 269,4-288,7 см.

Таблица 1 – Исследование воздействия гербицидов на зерновую урожайность гибридов кукурузы (т/га в початке)

Гибрид (А)	Варианты с гербицидами (В)	Высота растений, см	Высота прикрепления початка, см	Длина початка, см	Масса початка, г	Масса 1000 зерен, г	Урожайность, т/га	Прибавка, т/га	Прибавка, %
Родник 179 СВ	1	243,0	69,5	20,3	110,6	259,2	6,08	0,00	0,0
	2	253,0	73,0	23,1	129,3	276,7	7,11	1,03	16,9
	3	258,0	74,8	24,5	138,7	285,4	7,63	1,55	25,4
Агата СВ	1	230,8	81,7	20,5	111,3	263,7	6,12	0,00	0,0
	2	269,4	84,0	22,9	130,5	270,1	7,18	1,06	17,3
	3	288,7	85,2	24,1	140,1	279,6	7,71	1,58	25,9
Родник 180 СВ	1	240,3	69,8	18,5	116,9	273,4	6,43	0,00	0,0
	2	253,2	74,3	19,8	132,4	280,6	7,28	0,85	13,2
	3	259,7	76,6	20,4	140,1	299,8	7,98	1,55	24,1

НСР₀₅: для фактора А – 0,36 т/га, для фактора В – 0,36 т/га, для взаимодействий – 0,62 т/га

Примечание: вариант 1 – «Клоцет, КЭ» – 1,3 л/га «Римус, ДГ + Дианат, ВР + ПАВ Тренд» 0,04 кг/га + 0,4 л/га + 0,15 л/га (стандарт); вариант 2 – «Мерлин, ВДГ» – 0,13 кг/га «Римус, ДГ + Дианат, ВР + ПАВ Тренд» 0,04 кг/га + 0,4 л/га + 0,15 л/га; вариант 3 – «Мерлин, ВДГ» – 0,13 кг/га «Милагро, КС + Дианат, ВР» 1,0 л/га + 0,4 л/га.

У гибрида Родник 180 СВ высота на стандарте составляла 240,3 см, на вариантах 2 и 3 увеличилась до 253,2-259,7 см.

Другой показатель такой как высота прикрепления початка также изменялся в зависимости от гербицидов. Надо отметить, что у первого гибрида Родник 179 СВ был в пределах 69,5-74,8 см на трёх вариантах, Агата СВ – 81,7-85,2 см, у гибрида Родник 180 СВ – 69,8-76,6 см.

По длине початка так же можно отметить существенный прирост гибрида Родник 179 СВ разница между первым и последним вариантом составлял 20,3-24,5 см, у Агата СВ – 20,5-24,1 см и Родник 180 СВ – 18,5-20,4 см.

Масса початка и масса 1000 зёрен имеет непосредственное влияние на урожай зерна изучаемых гибридов кукурузы.

Масса початка также, как и вышеприведенные показатели, менялись в зависимости от набора гербицидов в вариантах.

Варианты 1 у гибрида Родник 179 СВ масса початка и масса 1000 зёрна составляли 110,6 г и 259,2 г, затем с продвижением ко второму и третьему вариантам эти показатели достигали максимума 129,3-138,7 г и 270,6-285,4 г.

У гибрида Агата СВ в вариантах 1, 2, 3 массы початка находилась в пределах 111,3-140,1 г и 263,7-279,6 г.

Наибольшие показатели по массе початка и массе 1000 зёрен наблюдались у гибрида Родник 180 СВ, где они находились в пределах 116,9-145,1 г и 273,4-299,8 г.

Таким образом, очевидно, что при создании наиболее благоприятных условий для роста и развития гибридов кукурузы на участках гибридизации вполне возможно увеличить урожайность исследуемых гибридов.

Исследования показали, что применение гербицидов оказывает значительное влияние на урожайность гибридов кукурузы. Так, гибрид Родник 179 СВ продемонстрировал урожайность в диапазоне 6,08-7,63 т/га, достигнув максимальной прибавки в 1,55 т/га (25,4 %) при использовании комбинации Мерлин, ВДГ и Милагро, КС. Аналогичная тенденция наблюдалась и у других гибридов: Агата СВ показала продуктивность 6,12-7,71 т/га с максимальной прибавкой 1,58 т/га (25,9 %), а Родник 180 СВ – 6,43-7,98 т/га с прибавкой 1,55 т/га (24,1 %).

В ходе исследований нами было проведено вычисление уравнения регрессии по продуктивности в зависимости от высоты растений по каждому гибриду кукурузы. Так, уравнение регрессии по гибриду Родник 179 СВ составило $Y=0,103286 \cdot B-19,0191$, по гибриду Агата СВ – $Y=0,027461 \cdot B-0,21803$, по гибриду Родник 180 СВ – $Y=0,07792 \cdot B-12,3332$, где B – высота растений гибрида кукурузы, что дает возможность узнавать предварительно с высокой точностью урожайность гибридов кукурузы. Так как высота растений любой сельскохозяйственной культуры лучший индикатор его состояния во время вегетации и продуктивности во время сбора урожая.

Выводы. В целом, применение гербицидной схемы, включающей Мерлин, ВДГ (0,13 кг/га) в сочетании с Милагро, КС (1,0 л/га) и Дианат, ВР (0,4 л/га), позволяет добиться прибавки урожая на участках гибридизации в размере 1,55-1,58 т/га, что превышает стандарт на 24,1-25,9 %.

Литература

1. Шпаар Д. Кукуруза: учебное практическое руководство. – DLV АГРОДЕЛО, 2009. С. 17.
2. Азубеков Л.Х., Урусов А.К. Памятка кукурузовода. – Нальчик, 2012. С. 4-7.
3. Шиндин А.П., Багринцева В.Н., Борщ Т.И. и др. Кукуруза – современная технология возделывания / Под общ. Ред. академика РАСХН В.С. Сотченко. – 2-е изд., доп. – М., 2012. – С. 92.
4. Кагермазов А.М. Селекция генетических источников признака засухоустойчивости для создания новых гибридов тетраплоидной кукурузы: дисс. ... канд. с.-х. наук. – Нальчик, 2011. С. 44.
5. Методические рекомендации по производству гибридных семян кукурузы. – Краснодар: ГНУ Краснодарский НИИСХ, 2011. – С. 4.

6. Шогенов Ю.М., Эльмесов С.С. Влияние гербицидов на урожай и качество зерна гибридов кукурузы и их родительских форм в Кабардино-Балкарии /В сборнике: Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования. II Международная научно-практическая интернет-конференция. – ФГБНУ «Прикаспийский НИИ аридного земледелия», 2017. – С. 1140-1142.

7. Шогенов Ю.М., Эльмесов С.С., Дохтова Л.Х. Урожайность гибридов кукурузы и семенная продуктивность родительских форм в зависимости от влияния гербицидов /В сборнике: Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования. II Международная научно-практическая интернет-конференция. – ФГБНУ «Прикаспийский НИИ аридного земледелия», 2017. – С. 1154-1155.

8. Шогенов Ю.М. Урожайность гибридов кукурузы и семенная продуктивность родительских форм в зависимости от влияния гербицидов /В сб.: Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования. – 2018. – С. 810-812.

9. Шогенов Ю.М., Темиржанов А.М., Аутлова З.З. Семенная продуктивность родительских форм и урожайность гибридов кукурузы в зависимости от гербицидов в КБР /В сб.: Актуальные проблемы агрономии современной России и пути их решения. Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 105-летию факультета агрономии, агрохимии и экологии. – 2018. – С. 204-208.

10. Шогенов Ю.М. Продуктивность гибридов кукурузы различных групп спелости и их родительских форм в зависимости влияния гербицидов в условиях КБР /В сборнике: Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования. IV Международная научно-практическая Интернет-конференция. – ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук», 2019. – С. 359-362.

11. Шогенов Ю.М. Урожайность районированных гибридов кукурузы и семенная продуктивность родительских форм в зависимости от влияния гербицидов /В сб.: Инновационные технологии – в практику сельского хозяйства. Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвящённой 75-летию со дня образования агрономического факультета ФГБОУ ВО Вятская ГСХА. – 2019. – С.530-533.

УДК 631.527:631.528:631.528.62

ИЗМЕНЕНИЯ РАСТЕНИЙ ПШЕНИЦЫ ПОД ВЛИЯНИЕМ ХИМИЧЕСКИХ МУТАГЕНОВ

Перфильева Н.И., канд. с.-х. наук, доцент

*ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет
имени В.М. Кокова» (Нальчик), e-mail: nadinagro@mail.ru*

Реферат. Химический мутагенез позволяет значительно сократить сроки выведения сортов, не прибегая к стандартным методам селекции. Получение мутантов незаменимо в тех случаях, когда необходимо исправить или улучшить ранние сорта, имеющие отдельные нежелательные признаки. Это единственный метод для вовлечения в селекционную работу форм и сортов, потерявших способность к половому размножению. Особое внимание привлекает использование мутаций карликовости. В статье показано влияние супермутагенов на всхожесть и жизнеспособность растений, на ростовые процессы и на продуктивность растений пшеницы. Получены значительные изменения по высоте растений, выделены растения, которые характеризуются низким или неполегающим стеблем. Обнаружена сортовая специфичность по реакции растений в M_1 на обработку мутагенами.

Ключевые слова: мутация, химические мутагены, супермутагены, мутанты, пшеница, высота растений, продуктивность.

Abstract. Experimental mutagenesis allows us to develop a range of wheat varieties and promising mutants that combine high yields with increased protein content and superior protein quality. Chemical mutagenesis significantly reduces the time required to develop varieties without resorting to standard breeding methods. The creation of mutants is indispensable when it is necessary to correct or improve early varieties that contain certain undesirable traits. This is the only method for incorporating forms and varieties that have lost the ability to reproduce sexually into breeding. The use of dwarfing mutations has attracted particular attention. The article demonstrates the effects of supermutagens on plant germination and viability, growth processes, and productivity of wheat plants. Significant changes in plant height were observed, and plants characterized by low or non-lodging stems were identified. Varietal specificity was detected in the response of plants in M_1 to treatment with mutagens.

Keywords: mutation, chemical mutagens, supermutagens, mutants, wheat, plant height, productivity

Введение. Дальнейшее увеличение производства зерна пшеницы будет идти главным образом за счет повышения урожайности на основе комплексной механизации, химизации, внедрения в производство новых, более урожайных сортов.

Одним из решающих факторов интенсификации сельского хозяйства является также разработка прогрессивных методов селекции и создание исходного материала. Разработка методов искусственного получения мутаций открыла возможность значительного ускорения отбора путем использования мутагенов, что дает селекционеру больше исходного материала для отбора [2].

Преимущество химических соединений перед радиацией заключается в более высокой частоте вызываемых ими точечных мутаций, среди которых больше полезных для селекции мутантов, чем хромосомных перестроек [1].

Открытие высокоэффективных химических мутагенов (супермутагенов), характеризующихся большой интенсивностью, исключительной упорядоченностью и высокой специфичностью воздействия на наследственность, позволило широко применять метод экспериментального мутагенеза в селекции сельскохозяйственных растений [3].

Под действием химических мутагенов возникают сотни и тысячи различных мутаций, из которых немалая часть представляет значение для селекции. Метод экспериментального мутагенеза позволяет получать ряд сортов пшеницы и перспективных мутантов, сочетающих высокую урожайность с повышенным содержанием белка и лучшим его качеством [4]; мутанты пшеницы, устойчивые к грибным заболеваниям, которые служат ценным исходным материалом для непосредственного участия в селекционном процессе и донорами признака устойчивости к болезням [5]; мутанты озимой пшеницы, сочетающие высокую продуктивность с устойчивостью к полеганию и болезням, хорошим качеством зерна и высокой зимостойкостью [6,7]; скороспелые, высокоурожайные мутанты позднеспелых форм яровой пшеницы [8,9].

Химический мутагенез позволяет значительно сократить сроки выведения сортов, не прибегая к стандартным методам селекции. Такие возможности химического мутагенеза в ряде случаев избавляют от больших затрат времени. Исходные линии можно создать в течение 2-3 лет, тогда как в стандартной селекции приходится на это затратить 10-15 лет.

Получение мутантов незаменимо в тех случаях, когда необходимо исправить или улучшить ранние сорта, имеющие отдельные нежелательные признаки. Это единственный метод для вовлечения в селекционную работу форм и сортов, потерявших способность к половому размножению.

Особое внимание селекционеров привлекает использование мутаций карликовости. С этой проблемой во многих странах связано осуществление селекционных программ по созданию короткостебельных сортов. Опыт селекции показывает, что только короткостебельные сорта полностью соответствуют требованиям интенсивного земледелия.

Перед нами была поставлена задача изучить влиянием химических мутагенов нитрозоэтилмочевины и нитрозодиметилмочевины и выявить хозяйственно-полезные мутации у пшеницы и, в частности, ее короткостебельные формы.

Объекты и методы исследований. Исследования проводились в предгорной зоне КБР. Почвы предгорной зоны представлены выщелоченными черноземами, которые имеют благоприятными агрофизическими свойствами. Это свойство почв позволяет выращивать разные сельскохозяйственных культур. Выщелоченные черноземы имеют темно-серую или темную окраску пахотного слоя, мощный гумусовый горизонт. Структура в верхней части профиля почвы - зернистая или комковато-зернистая, переход одного горизонта в другой постепенный [10].

Исходным материалом служили сорта пшеницы Еланчик и Бумба.

Воздушно-сухие семена обрабатывали двумя мутагенами- нитрозоэтилмочевиной и нитрозодиметилмочевиной в двух концентрациях – 0,01 % и 0,03 % в течение 24 часов. После обработки семена промывали в проточной воде 30 минут. Контролем служили семена необработанные мутагенами. Посев провели в конце октября вручную с междурядьем 15 см. Уход за посевами вели согласно агротехническим требованиям.

В течение вегетационного периода проводили фенологические наблюдения, отмечали даты наступления важнейших фенологических фаз роста и развития пшеницы - выход в трубку, колошение, цветение, спелость (молочная, восковая, полная). Для наблюдения за растениями с каждого сорта отобрали по 20 растений, на них проводили различные измерения. Провели полный морфобиологический анализ растений пшеницы. Вели учет растений с различными морфобиологическими изменениями.

Обсуждение результатов. В результате эксперимента семена двух сортов пшеницы обрабатывали мутагенами нитрозоэтилмочевинной и нитрозодиметилмочевинной и получили первое поколение растений. Из первого поколения были отобраны растения и высеяны для получения второго поколения. Как известно мутации появляются в отдельных клетках семени. Растение в первом поколении (M₁) обычно являются химерой, т.е. организмом с видоизмененными в разных направлениях тканями.

Таблица 1 – Полевая всхожесть и выживаемость растений в условиях опыта

Варианты опыта	Количество высеянных семян	Количество всходов		Количество растений перед уборкой	
		штук	%	штук	%
Сорт Еланчик					
Контроль (сухие семена)	200	95	47,5	75	37,5
НДММ 0,03 %	500	229	45,8	123	24,6
НДММ 0,01 %	500	223	44,6	118	23,6
НЭМ 0,03 %	500	226	45,2	109	21,8
Сорт Бумба					
Контроль (сухие семена)	200	135	67,5	95	47,5
НДММ 0,03 %	500	346	69,2	246	49,2
НДММ 0,01 %	500	387	77,4	287	57,4
НЭМ 0,03 %	500	360	72,0	261	52,0

Так как в посевах были растения только первого поколения, то мы вели наблюдения по различным направлениям.

При обработке семян мутагенами большое значение имеет всхожесть семян. Многие авторы считают, что всхожесть семян и жизнеспособность растений при обработке семян мутагенами снижается. Результаты наших наблюдений приведены в таблице 1. Мутагены в различных концентрациях или стимулировали всхожесть семян (сорт Бумба) или не оказывали отрицательного влияния (сорт Еланчик) мутаген НДММ 0,01 % и НЭМ 0,03 %. У сорта Бумба сохранилась стимулирующая тенденция мутагенов. Здесь число сохранившихся к уборке растений составило 49,2 %, в варианте НДММ 0,03 % – 57,4 %, в варианте НДММ 0,01 % – 52,0 %, а в варианте НЭМ 0,03 % – 47,5 % и в контроле – 35,5 %.

Таким образом, нами отмечена сортовая специфичность в реакции растений при обработке семян мутагенами в разной концентрации на такой показатель как жизнеспособность растений. Вместе с тем данные свидетельствуют и о том, что повышение концентрации мутагена НДММ от 0,01 до 0,03 % не повлияло на число растений, сохранившихся к уборке. Этот показатель для сорта Еланчик составил 23,6 и 24,6 %, а для сорта Бумба – 57,4 и 49,2 %.

Учет растений короткостебельных (с высотой растений менее 100 см) и прямостоячих свидетельствует о достоверных различиях по этому показателю у сорта Бумба, по числу прямостоячих (не лежающих) растений у сорта Еланчик.

Особый интерес в эксперименте представляет общая высота растений пшеницы, так как основная задача, поставленная перед нами, выделить растения, которые отличались бы низким, прочным стеблем и хорошей продуктивностью.

У сорта Еланчик отмечено снижение высоты растений на 13 см и более. Одновременно полученные материалы свидетельствуют и о стимулирующем влиянии

мутагенов на среднюю высоту растений озимой пшеницы. У сорта Бумба растения прибавили в высоту от 6,3 до 14,7 см (рис. 1).

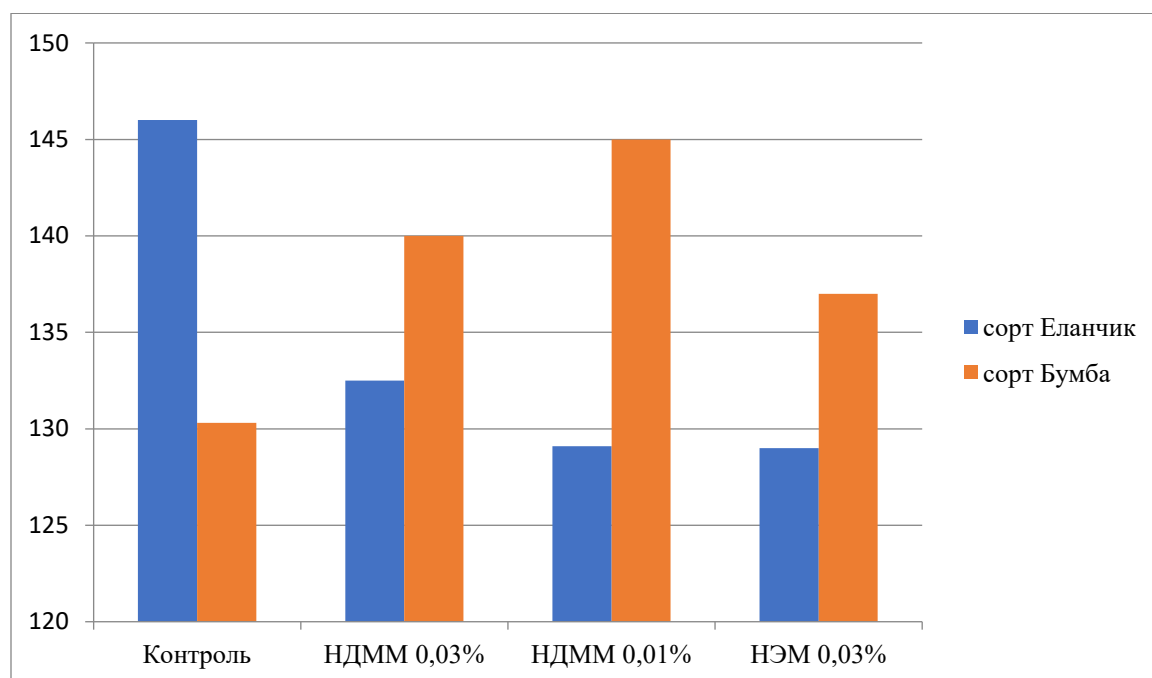


Рис. 1. Высота растений у растений пшеницы, см

По длине главного колоса и по продуктивной кустистости, достоверных различий по сортам и вариантам опыта не получено (рис. 2,3). Вместе с тем результаты промеров общей высоты растений пшеницы показали, что качество мутагена и его концентрация не оказывают заметного, достоверного влияния на рассматриваемый показатель. В опыте выделены растения, отличающиеся низкорослостью и прямостоячестью стебля.

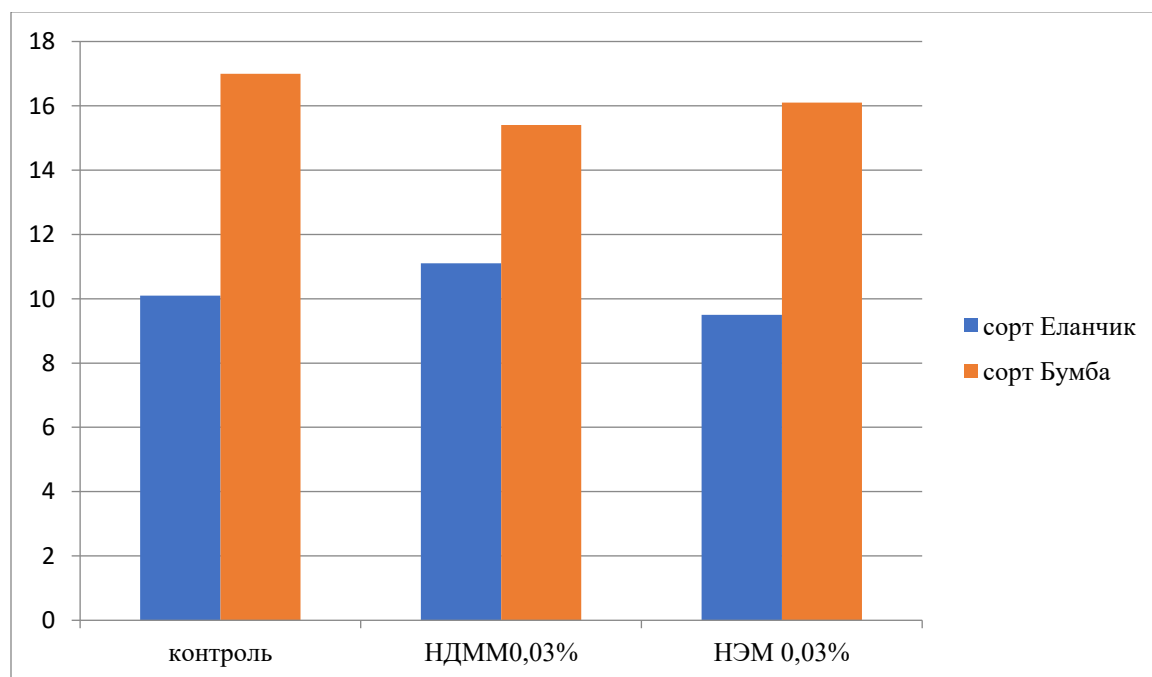


Рис. 2. Длина главного колоса у растений пшеницы, см

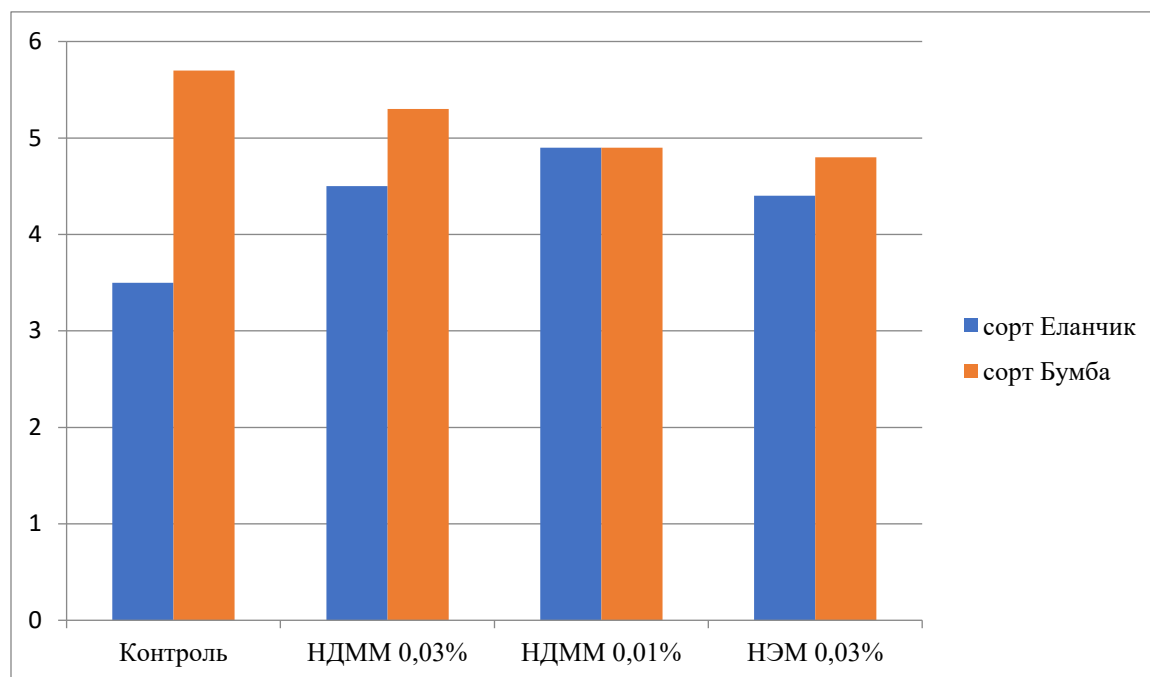


Рис. 3. Продуктивная кустистость у растений пшеницы, шт

Полученные нами данные убедительно свидетельствуют о том, что эти показатели элементов продуктивности претерпели значительную вариацию в условиях опыта (табл. 2).

Таблица 2 – Элементы продуктивности растений пшеницы в условиях опыта

Варианты опыта	Количество зерен с одного растения			Масса 1000 зерен, г		
	Значение	Среднее квадратическое отклонение	Коэффициент вариации	Значение	Среднее квадратическое отклонение	Коэффициент вариации
Сорт Еланчик						
Контроль	92,2	9,6	10,4	33,5	6,1	18,2
НДММ 0,03 %	96,0	23,8	24,8	38,2	7,2	18,8
НДММ 0,01 %	79,9	24,7	30,9	41,4	6,7	16,2
НЭМ 0,03 %	109,0	18,9	17,4	35,6	3,4	9,6
Сорт Бумба						
Контроль	171,0	48,8	28,5	32,7	6,6	20,2
НДММ 0,03 %	175,5	44,6	25,4	35,4	5,4	15,3
НДММ 0,01 %	143,2	37,3	26,1	30,5	4,9	16,1
НЭМ 0,03 %	148,6	46,5	31,3	29,5	4,7	15,9

При этом следует особо подчеркнуть, что по первому поколению трудно судить о выделении каких-то особо продуктивных линий.

По некоторым элементам продуктивности растений пшеницы (масса 1000 зерен, масса зерна с одного растения) в первом поколении получены в опытных вариантах данные, которые свидетельствуют о том, что у некоторых растений зерно крупное и его масса больше по сравнению с контролем. Так, например, у сорта Еланчик масса 1000 зерен в контроле равна 33,5 г, а при обработке семян мутагенами НДММ в концентрации 0,01 % – 41,4 г. Оказалось, что у сорта Бумба изменчивость признаков выражена меньше, чем у сорта Еланчик.

Выводы. Химические мутагены оказали влияние на жизнеспособность растений в M_1 . Меньше растений сохранилось в опытных вариантах у сорта Еланчик. Сорт Бумба менее чувствителен к используемому мутагену и применяемым концентрациям. По высоте растений получены значительные изменения, выделены растения, которые характеризуются низким или неполегающим стеблем. Установлено, что у сорта Бумба мутагены вызвали стимуляцию ростовых процессов. По общей и продуктивной кустистости в условиях опыта не получено заметных отклонений. По элементам продуктивности колоса и его структуре отмечена изменчивость как приводящая к увеличению отдельных показателей, так и их уменьшению. Обнаружена сортовая специфичность по реакции растений в M_1 на обработку мутагенами. У растений сорта Бумба наблюдали меньшую реакцию на воздействующий фактор по сравнению с сортом Еланчик.

Литература

1. Рапопорт И.А. Химический мутагенез: проблемы и перспективы / И.А. Рапопорт, И.Х. Шигаева, И.Б. Ахматуллина. – Алма-Ата: Наука Каз. ССР, 1980. – 320 с.
2. Гершензон С.М. Основы современной генетики/ С.М.Гершензон. – Киев: Наукова думка, 1979. – 508 с.
3. Рапопорт И. А. Перспективы применения химического мутагенеза в селекции/ И. А. Рапопорт //Химический мутагенез и селекция. – М.: Наука, 1971. – С. 3-13.
4. Сичкарь В.И. Улучшение зерновых и бобовых культур по содержанию и качеству белка методом экспериментального мутагенеза / В.И. Сичкарь // Генетика. – 1976. – Т. 12, № 2. – С.145-153.
5. Эйгес Н.С. Устойчивые к мучнистой росе мутанты озимой пшеницы, полученные при действии этиленimina / Н.С.Эйгес // Химический мутагенез и гибридизация. – М.: Наука, 1978. – С. 54-64.
6. Кротова Л.А. Использование генетического потенциала мутантов озимых форм в селекции мягкой пшеницы Западной Сибири / Л.А. Кротова, Е.Я. Белецкая, Н.А. Поползухина. – Омск: Изд-во ФГОУ ВПО ОмГАУ, 2012. – 198 с.
7. Рутц Р.И. Комбинационная ценность мутантов озимой пшеницы по морозостойкости / Р.И. Рутц, В.Р. Борадулин, Л.И. Суркова//Селекция и семеноводство сельскохозяйственных культур в Западной Сибири. – Новосибирск, 1984. – С.70-73.
8. Рутц Р.И. Химический мутагенез в селекции яровой пшеницы/Р.И. Рутц, Л.А.Кротова // Селекция зерновых культур в Западной Сибири. – Новосибирск, 1992. С. 14-22.
9. Кротова Л.А. Химический мутагенез как метод создания исходного материала для селекции мягкой пшеницы // Электронный научно-методический журнал Омского ГАУ. – 2015. – №2(2) июль-сентябрь. URL <http://ejournal.omgau.ru/index.php/2015-god/2/19-statya-2015-2/145-00034>
10. Кереев К.Н., Фиашев Б.Х. Природные зоны и пояса Кабардино-Балкарии. – Нальчик, 1977. – 70 с.

УДК 582.782.2: 632.4.01

ВЫЯВЛЕНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ СОРТОВ ВИНОГРАДА С ГЕНОМ УСТОЙЧИВОСТИ К МИЛДЬЮ *Rpv3*

Козина Т.Д., младший научный сотрудник,
Ильницкая Е.Т., канд. биол. наук, старший научный сотрудник,
Макаркина М.В., младший научный сотрудник,
Кожевников Е.А., младший научный сотрудник

ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства,
виноградарства, виноделия» (Краснодар)

Реферат. В статье приводятся результаты анализа генотипов винограда на наличие гена устойчивости к милдью *Rpv3*. Идентификацию аллельного состояния локуса устойчивости проводили с использованием ДНК-маркеров: UDV305, UDV737. Исследование выполнено методом ПЦР с последующим фрагментным анализом результатов на автоматическом генетическом анализаторе. По результатам ДНК-маркерного анализа установлено, что сорта винограда Курчанский, Прикубанский, Молдова бессемянная и Фантазия несут ген устойчивости к милдью *Rpv3*. Анализ фенотипических характеристик позволяет рекомендовать в качестве доноров устойчивости к милдью сорта Прикубанский, Молдова бессемянная и Фантазия в селекции столового винограда, а сорт Курчанский для селекции технических сортов.

Ключевые слова: виноград, ПЦР, доноры генов устойчивости, ДНК-маркеры, милдью

Summary. The article presents the results of an analysis of grape genotypes for the presence of the downy mildew resistance gene *Rpv3*. The allele state of resistance locus was identified using DNA markers: UDV305, UDV737. The study was performed by PCR, followed by a fragment analysis of the results on an automatic genetic analyzer. According to the results of DNA marker analysis, it was found that the grape varieties Kurchanskiy, Prikubanskiy, Moldova bessemyannaya and Fantaziya carry the *Rpv3* downy mildew resistance gene. The analysis of phenotypic characteristics allows us to recommend as donors of downy mildew resistance Prikubanskiy, Moldova bessemyannaya and Fantaziya varieties in the breeding of table grapes, and Kurchanskiy variety for the breeding of technical varieties.

Key words: grapes, PCR, donors of resistance genes, DNA markers, downy mildew

Введение. Европейский виноград (*Vitis vinifera* L.) – один из самых ценных с экономической точки зрения многолетних культур в мире. Однако он подвержен различным заболеваниям, особенно стоит отметить милдью или ложную мучнистую росу. Это заболевание вызывается облигатным биотрофным оомицетом *Plasmopara viticola* [1]. Патоген поражает все зеленые органы винограда – листья, побеги, соцветия и ткани плодов. Симптомами первичной инфекции являются желтые участки на адаксиальной стороне листьев, так называемые «маслянистые пятна», которые позже становятся коричневыми из-за некроза [2]. Инфекция в молодых ягодах вызывает распад хлорофилла, затем клетки разрушаются и становятся коричневыми. На взрослых ягодах «кожица» плода утолщается и искажается его форма [3]. Поражение винограда милдью приводит к гибели части урожая, а на неустойчивых к *P. viticola* сортах урожай может быть утерян полностью, что наносит значительный экономический ущерб виноградарству.

В настоящее время основная стратегия борьбы с милдью на виноградниках основана на применении фунгицидов. Однако эта практика увеличивает производственные затраты,

а также может приводить к вредным последствиям для здоровья человека и окружающей среды. Другая стратегия – селекция устойчивых сортов. Идентификация доноров генов устойчивости к милдью среди различных генотипов винограда позволит при дальнейшей селекции создать менее поражаемые сорта, для которых будут не нужны частые обработки фунгицидами.

Устойчивостью к милдью обладают различные генотипы винограда из Северной Америки и Азии: *V. riparia*, *V. aestivalis*, *V. berlandieri*, *V. amurensis*, *V. piasezkii*, также некоторые гены устойчивости к милдью были обнаружены в генплазме *V. vinifera* [4, 5]. В настоящее время в геноме винограда идентифицировано около 37 генов устойчивости к милдью. Многие из этих генов картированы, для них идентифицированы ДНК-маркеры [6].

Знания какие именно локусы устойчивости несут различные сорта винограда в дальнейшем позволяет проводить подбор родительских форм для селекции с учётом данной информации.

Локус устойчивости *Rpv3* был впервые идентифицирован в 2009 году на 18 хромосоме в популяции, полученной от скрещивания сортов Шардоне и Бьянка, где донором гена выступил межвидовой гибрид с генплазмой североамериканских сортов винограда – Бьянка (Виллар блан х Шасла бувье) [7]. Позднее были определены семь гаплотипов *Rpv3* гена, определяющих устойчивость: *Rpv3*²⁹⁹⁻²⁷⁹, *Rpv3*^{null-297}, *Rpv3*³²¹⁻³¹², *Rpv3*^{null-271}, *Rpv3*³⁶¹⁻²⁹⁹, *Rpv3*²⁹⁹⁻³¹⁴, *Rpv3*^{null-287}. Идентификация гаплотипов, согласно опубликованным данным, возможна сцепленными фланкирующими микросателлитными маркерами UDV305, UDV737 [8].

Целью данной работы было выделение перспективных для использования в селекции генотипов винограда, несущих локус устойчивости к милдью *Rpv3* на основе данных ДНК-маркерной оценки.

Объекты и методы исследований. В исследование были включены девять сортов винограда, перспективные для использования в селекции по ряду характеристик.

ДНК выделяли методом на основе использования ЦТАБ буфера из верхушки молодых побегов растений [9]. Для идентификации гена устойчивости к милдью *Rpv3* были задействованы SSR-маркеры UDV305, UDV737 [8]. В качестве положительного контроля использовали ДНК сорта Сейв Виллар 12-375, в котором был обнаружен указанный ген, согласно опубликованным данным. Исследование проведено методом ПЦР по стандартной методике с анализом результатов на автоматическом генетическом анализаторе «Нанофор 05» (Институт аналитического приборостроения РАН, г. Санкт-Петербург, Россия). Молекулярно-генетические исследования проводились с использованием оборудования центра коллективного пользования «Геномные и постгеномные технологии» ФГБНУ СКФНЦСВВ.

Обсуждение результатов. С целью выделения сортов-доноров был проведен ДНК-маркерный анализ аллельного состояния локусов устойчивости в генотипах винограда, перспективных для использования в селекции по различным положительным характеристикам (табл. 1).

В итоге проведенного ДНК-маркерного анализа ген устойчивости к милдью *Rpv3* идентифицирован в 4 генотипах: Курчанский, Молдова бессемянная, Прикубанский и Фантазия. Сорта Прикубанский, Молдова бессемянная и Фантазия рекомендуются нами как доноры гена устойчивости к милдью *Rpv3*, так как обладают рядом положительных характеристик, ценных для селекции столовых сортов винограда.

Прикубанский - сорт винограда позднего срока созревания. Грозди крупные, цилиндрикоконические, средней массой 420 г. Ягоды крупные, округлые, темно-фиолетовые. Мякоть мясистая. Устойчив к милдью, оидиуму, серой гнили. Устойчивость к морозу повышенная. Транспортабельность и товарность высокие. Дегустационная оценка свежего винограда 8,6 балла [10].

Таблица 1 – Идентифицированные аллели ДНК-локусов,
сцепленных с геном устойчивости к милдью

Сорт, форма	<i>Rpv3</i>	
	UDV305	UDV737
Сейв Виллар 12-375 (контроль)	299 361	279 299
Кишмиш Ваткана	322 342	279 293
Кишмиш Теракли	324 342	279 295
Кишмиш черный Тагобский	341	279 293
Курчанский	299 355	279 385
Марс	313 342	279 297
Молдова бессемянная	299 343	279
Прикубанский	299 342	279 285
Фантазия	299 321	279 295
Цитронный Магараца	383 385	279 305

Молдова бессемянная – бессемянный сорт винограда молдавской селекции. Характеризуется хорошим вызревaniem побегов, среднепоздним сроком созревания. Грозди крупные, конические, средней плотности, средней массой 400-500 г. Ягоды III класса бессемянности, средние, овальные, черного цвета, гармоничного вкуса. Мякоть мясисто-сочная, кожица плотная. Морозостойкость минус 23°C. Относительно устойчив к милдью, устойчив к серой гнили. Транспортабельность хорошая [11].

Фантазия – сорт винограда раннего периода созревания. Грозди крупные и средние, массой 500 г. Максимальный вес грозди 2 кг и более. Ягоды крупные (6–8 г), удлинённые, розовой окраски. Кожица толстая, прочная. Мякоть сочно-мясистая. Вкус приятный, гармоничный. Урожайность 12–16 т/га. Устойчивость к вредителям, болезням и морозу средняя. Транспортабельность средняя. Дегустационная оценка 9,0 баллов. Сорт в конкурентных условиях выигрывает своей нарядностью [10].

Сорт Курчанский будет перспективен как донор гена *Rpv3* в селекции технических сортов.

Курчанский – технический сорт среднепозднего срока созревания. Гроздь коническая, средней плотности, средней массой 170-185 г. Ягода черная, округлая. Урожайность 12-13 т/га. Сорт обладает повышенной устойчивостью к наиболее распространенным грибным заболеваниям: милдью, серой и белой гнилям. Отличается повышенной морозостойкостью – минус 27 °C. Дегустационная оценка столовых вин 7,8-8,0 баллов. Урожай используют для приготовления высококачественных красных столовых и ликерных вин [12].

Выводы. Методом ДНК-маркерного анализа выявлено наличие аллели, определяющей устойчивость к милдью гена *Rpv3* в сортах винограда Курчанский, Молдова бессемянная, Прикубанский и Фантазия. Как доноры *Rpv3* гена устойчивости к милдью для селекции столовых сортов винограда можно использовать Прикубанский, Фантазия и Молдова бессемянная, так как они обладают рядом положительных качеств, представляющих интерес:

крупноплодность, хорошая транспортабельность, высокие вкусовые показатели, повышенная морозостойкость и др. Для селекции технических сортов как донор гена устойчивости к милдью рекомендуем сорт винограда Курчанский, обладающий комплексом ценных характеристик, необходимых для технических сортов: хорошая урожайность, высокая дегустационная оценка, повышенная устойчивость к болезням и морозу.

Литература

1. Koledenkova K., Esmaeel Q., Jacquard C., Nowak J., Clément C., Ait Barka E. *Plasmopara viticola* the Causal Agent of Downy Mildew of Grapevine: From Its Taxonomy to Disease Management // *Frontiers in Microbiology*. 2022. Vol. 13. P. 889472. DOI: 10.3389/fmicb.2022.889472.
2. Peng J., Wang X., Wang H., Li X., Zhang Q., Wang M., Yan J. Advances in understanding grapevine downy mildew: From pathogen infection to disease management // *Molecular Plant Pathology*. 2023. Vol. 25(1). P. e13401. DOI: 10.1111/mpp.13401
3. Gindro K., Schnee S., Lecoultre N., Michellod E., Zufferey V., Spring, J. L., Viret O., Dubuis P.H. Development of downy mildew in grape bunches of susceptible and resistant cultivars: Infection pathways and limited systemic spread // *Australian Journal of Grape and Wine Research*. 2022. Vol. 28. P. 572–580. DOI: 10.1111/ajgw.12560.
4. Alleweldt G., Possingham J.V. Progress in grapevine breeding // *Theoretical and Applied Genetics*. 1988. Vol. 75. P. 669-673.
5. Sargolzaei M., Maddalena G., Bitsadze N., Maghradze D., Bianco P.A., Failla O., Toffolatti S.L., De Lorenzis G. Rpv29, Rpv30 and Rpv31: three novel genomic loci associated with resistance to *Plasmopara viticola* in *Vitis vinifera* // *Frontiers in Plant Science*. 2020. Vol.8. № 11. P. 562432. DOI: 10.3389/fpls.2020.562432.
6. VITIS International variety catalogue VIVC. Table of loci for traits in grapevine relevant for breeding and genetics. Julius Kühn Institut; 2025. [Электронный ресурс]. – URL: https://www.vivc.de/docs/dataonbreeding/20240216_Table%20of%20Loci%20for%20Traits%20in%20Grapevine.pdf (дата обращения 08.08.2025).
7. Bellin D., Peressotti E., Merdinoglu D., Wiedemann-Merdinoglu S., Adam-Blondon A.F., Cipriani G., Morgante M., Testolin R., Di Gaspero G. Resistance to *Plasmopara viticola* in grapevine «Bianca» is controlled by a major dominant gene causing localised necrosis at the infection site // *Theoretical and Applied Genetics*. 2009. Vol. 120. № 1. P. 163-176. DOI: 10.1007/s00122-009-1167-2.
8. Di Gaspero G., Copetti D., Coleman C., Castellarin S.D., Eibach R., Kozma P., Lacombe T., Gambetta G., Zvyagin A., Cindrić P., Kovács L., Morgante M., Testolin R. Selective sweep at the Rpv3 locus during grapevine breeding for downy mildew resistance. *Theoretical and Applied Genetics*. 2012. Vol. 124. P. 227-286. DOI: 10.1007/s00122-011-1703-8.
9. Rogers S.O. Extraction of DNA from milligram amounts of fresh, herbarium and mummified plant tissues // *Plant Molecular Biology*. 1985. Vol. 19. № 1. P. 69–76. DOI: 10.1007/BF00020088.
10. Трошин Л.П., Радчевский П. П. Виноград: иллюстрированный каталог / Л.П. Трошин, П.П. Радчевский. – Ростов н/Д: Феникс, 2010. 270 с.
11. Аграрная биржа SemenaOpt.com, 2025. [Электронный ресурс]. – URL: http://semenaopt.com/%D0%92%D0%B8%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%B4/%D0%9C%D0%BE%D0%BB%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%B0_%D0%B1%D0%B5%D1%81%D1%81%D0%B5%D0%BC%D1%8F%D0%BD%D0%BD%D0%B0%D1%8F/46074/ (дата обращения 08.08.2025).
12. Ильницкая Е.Т., Нудьга Т.А., Прах А.В., Шелудько О.Н., Талаш А.И. Сорты селекции СКЗНИИСИВ для импортозамещения и совершенствования отечественного сортимента технического винограда // *Садоводство и виноградарство*. 2016. № 5. С. 31-36. DOI: 10.18454/VSTISP.2016.5.3446.

СЕКЦИЯ 2. АГРО-, БИО- И ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ МНОГОЛЕТНИХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

УДК 631.67

ОПТИМИЗАЦИЯ ДЕФИЦИТНОГО ОРОШЕНИЯ ХЛОПЧАТНИКА В СЕВЕРНОМ ТУРКМЕНИСТАНЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДЕЛИ AquaCrop

Аныев Д.Б.

*Туркменский сельскохозяйственный институт (Дашогуз, Туркменистан),
e-mail: dbaygeldi7@gmail.com*

Реферат. В условиях ограниченных водных ресурсов вопрос оптимизации дефицитного орошения становится особенно актуальным для северных регионов Туркменистана, где хлопководство занимает важное место в сельском хозяйстве. В данной работе рассматривается применение модели AquaCrop, разработанной ФАО, для оценки влияния различных уровней дефицитного орошения на урожайность хлопка. Исследование проведено на основе климатических и агрономических данных, характерных для Дашогузского велаята. Были смоделированы четыре сценария орошения: 100 %, 75 %, 50 % и 25 % от полной потребности в воде. Результаты показали, что при сокращении полива до 75 % урожайность снижается незначительно, в то время как эффективность водопользования возрастает. Модель AquaCrop продемонстрировала высокую адаптивность к региональным условиям и может служить эффективным инструментом для планирования водосберегающих стратегий в орошаемом земледелии Туркменистана.

Ключевые слова: дефицитное орошение, хлопок, модель AquaCrop, Туркменистан, экономия воды.

Summary. In the context of limited water resources, optimizing deficit irrigation is becoming particularly relevant for the northern regions of Turkmenistan, where cotton cultivation plays a key role in agriculture. This study applies the FAO AquaCrop model to evaluate the effects of different deficit irrigation levels on cotton yield. The research was conducted using climatic and agronomic data typical for the Dashoguz region. Four irrigation scenarios were simulated: 100 %, 75 %, 50 %, and 25 % of full water requirements. The results showed that reducing irrigation to 75 % leads to only a slight decrease in yield while significantly improving water use efficiency. The AquaCrop model demonstrated high adaptability to regional conditions and can serve as an effective tool for planning water-saving strategies in irrigated agriculture of Turkmenistan.

Keywords: deficit irrigation, cotton, AquaCrop model, Turkmenistan, water saving.

Введение. Туркменистан обладает огромными земельными ресурсами, однако его водные ресурсы ограничены. При ограниченных водных ресурсах ежегодный прирост населения в стране приводит к снижению объемов водопотребления на душу населения. В связи с изменением климата потребность в дополнительных источниках воды увеличивается по мере роста потребности в орошении сельскохозяйственных культур и испарения воды с поверхности почвы [1,2].

Современные исследования показывают, что полный полив не всегда оправдан: снижение водных затрат при дефицитном орошении позволяет поддерживать урожай на приемлемом уровне и одновременно повышать эффективность водопользования. Для количественной оценки различных режимов полива целесообразно применение математических моделей, среди которых особое место занимает AquaCrop, разработанная ФАО.

Эффективное водопользование максимально сокращает потери воды и вредное воздействие орошения на окружающую среду, поддерживает гармоничные производственные отношения между водопользователями и обеспечивает высокую урожайность при низких затратах на единицу воды, используемой в сельском хозяйстве. Согласно данному определению, вопрос эффективного водопользования неразрывно связан с экономическими, экологическими и социальными проблемами хозяйства. Вопрос повышения эффективности и продуктивности оросительной воды для орошаемого земледелия Туркменистана никогда не был более актуальным, чем сейчас, из-за возникающих климатических изменений, воздушной и почвенной засухи на фоне высоких температур.

Эффективность орошения зависит от множества факторов: природно-климатических показателей, техники полива, процесса роста и развития растений, режима орошения сельскохозяйственных культур, сроков внесения удобрений, сроков посева и уборки урожая и количества, а также качества запланированного урожая и т.д. [3].

Оценка методов планирования орошения может быть выполнена путем проведения полевых испытаний. Однако этот подход является дорогостоящим, трудоемким, подверженным неконтролируемому воздействию окружающей среды и трудным для фермеров с точки зрения анализа долгосрочных последствий и сценариев большого воздействия. Более простой вариант – использование модели моделирования урожая. Модели не могут полностью заменить полевые исследования; они помогают исследователям описать динамику роста культуры в зависимости от окружающей среды, понять взаимодействие различных компонентов и распространить результаты за пределы экспериментальных площадок. Модель AquaCrop способна точно моделировать урожайность хлопчатника и продуктивность оросительной воды [4-7].

Объекты и методы исследований. Исследование проводилось с использованием модели AquaCrop на основе климатических данных Дашогузского велаята за 2023–2024 годы. Для введения в модель необходима следующая информация:

1. Климатические данные:
 - количество осадков (среднемесячные показатели);
 - ЕTo – эвапотранспирация эталонная (среднемесячные показатели);
 - минимальная и максимальная температура воздуха;
 - CO₂ – содержание углекислого газа в атмосфере;
 - относительная влажность воздуха;
 - скорость ветра.
2. Характеристики возделываемой культуры (на примере хлопчатника):
 - дата сева хлопчатника;
 - дата появления массовых всходов;
 - дата массового цветения;
 - дата максимального покрытия;
 - дата созревания;
 - дата старения растения.
3. Показатели мелиоративного состояния орошаемых земель:
 - уровень залегания грунтовых вод (ежемесячно);
 - минерализация грунтовых вод (ежемесячно);
 - информация о наличии слабоводопроницаемого горизонта в почве;
 - засоленность почвы по горизонтам в единицах электропроводности;
 - содержание водорастворимых солей в сухой почве.
4. Показатели плодородия почвы:
 - содержание питательных элементов в почве в начале вегетации;
 - содержание гумуса в почве;

- кислотность почвы;
- гипотетическое содержание солей в почве по водной вытяжке;
- описание почвенных горизонтов;
- механический состав почвы.

5. Водопроницаемость почвы в начале и конце вегетации:

- полная влагоемкость почвы;
- полевая влагоемкость почвы;
- точка увядания (влажность разрыва капилляров);
- общая доступная почвенная влага;
- коэффициент фильтрации;
- дренажная характеристика;
- легкоиспаряемая вода из верхнего слоя (мм);
- капиллярные свойства почвы.

Были смоделированы четыре сценария орошения: 100 %, 75 %, 50 % и 25 % от полной потребности в воде. Модель AquaCrop позволяет описывать развитие вегетации хлопчатника, динамику влаги в почве, транспирацию и биомассообразование, а также рассчитывать конечную урожайность при различных уровнях водного стресса.

Полученные результаты расчетов приведены в виде графиков-диаграмм, изображенных на рис. 1.

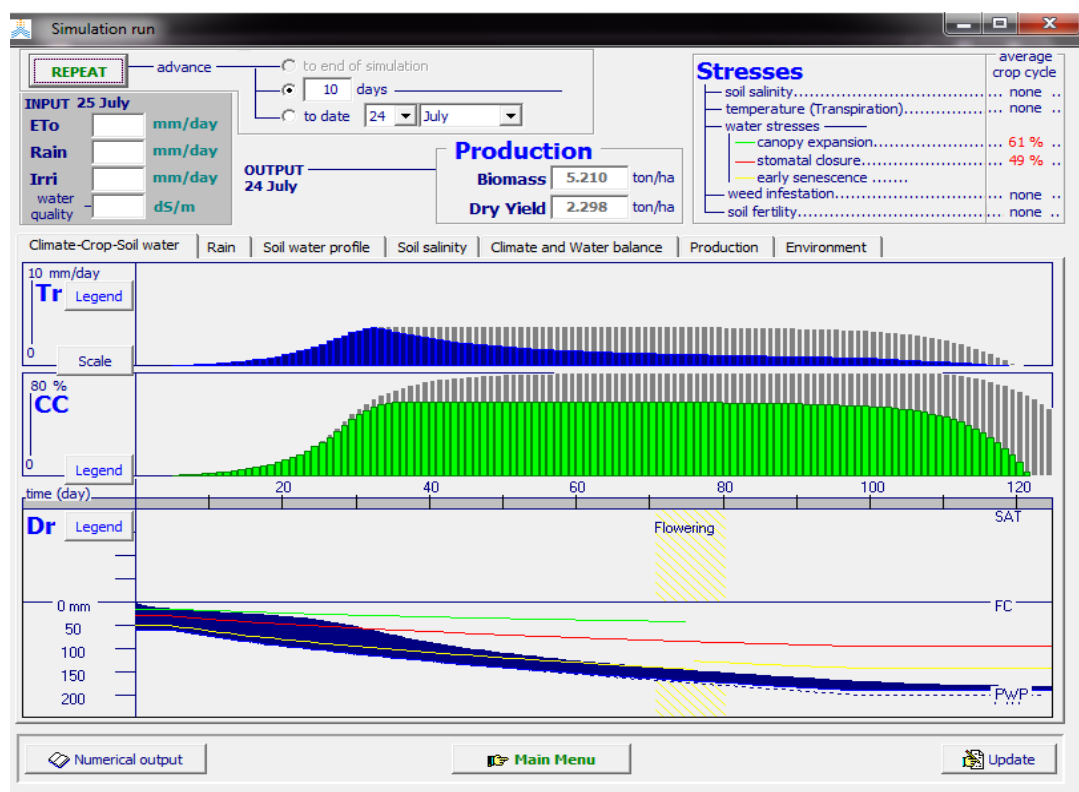


Рис. 1. Количество ростков сорняков относительно урожая (CC), их транспирация (T_r) и глубина зоны корней (D_r)

Обсуждение результатов. Моделирование показало, что при снижении уровня полива до 75 % урожайность хлопчатника уменьшается незначительно, в то время как водопользование становится более эффективным. При дальнейшем снижении (до 50 % и 25 %) наблюдается существенное падение урожайности, что делает такие режимы экономически нецелесообразными. Полученные результаты подтверждают, что

оптимальным вариантом для условий северного Туркменистана является дефицитное орошение на уровне 75 % от полной потребности культуры.

AquaCrop продемонстрировала высокую адаптивность к региональным климатическим и почвенным условиям. Использование данной модели позволяет не только прогнозировать урожайность при различных сценариях водообеспечения, но и оценивать возможные риски, связанные с изменением климата и нестабильностью водных ресурсов.

Вывод. Применение модели AquaCrop для оценки режимов дефицитного орошения хлопчатника показало её эффективность как инструмента поддержки принятия решений. Сокращение полива до 75 % позволяет сохранить урожай на высоком уровне и одновременно повысить водную продуктивность. Такие подходы способствуют формированию устойчивых и водосберегающих технологий в орошаемом земледелии северного Туркменистана.

Литература

1. Национальная стратегия Туркменистана по изменению климата. Ашхабад, 2012.
2. Стулина Г.В., Солодкий Г.Ф. Использование усовершенствованной методологии ФАО для оценки водопотребления сельскохозяйственных культур при орошении в Центральной Азии. Ташкент, 2020.
3. Образцов А.С. Системный подход: применение в земледелии. Москва. Агропромиздат. 1990.— 303 с
4. Evaluation of AquaCrop model application in irrigation management of Cotton. Moloud Heidariniya, Abd Ali Naseri, Saeed Boroumandnasab, Borhan Sohrabi Moshkabadi, Ali Heidar Nasrolahi. World Rural Observations 2012;4(2) <http://www.sciencepub.net/rural>.
5. García-Vila M, Fereres E, Mateos L, Orgaz F, Steduto P (2009) Deficit irrigation optimization of cotton with AquaCrop. Agron J 101. <https://doi.org/10.2134/agronj2008.0179s>
6. Chandra, R., Singh, P. K., & Kumar, A. (2022). Performance Evaluation of Aqua Crop Model for Broccoli Crop under Tarai Condition of Indo-Gangetic Plain. Environment and Ecology, 40(2C), 959-968.
7. Iqbal, M.A., Shen, Y., Stricevic, R., Pei, H., Sun, H., Amiri, E., Penas, A., del Rio, S., 2014. Evaluation of the FAO AquaCrop model for winter wheat on the North China Plain under deficit irrigation from field experiment to regional yield simulation. Agricultural Water Management 135, 61-72.

УДК 632.937.33

ОЦЕНКА ПОПУЛЯЦИИ ЭНТОМОФАГОВ В ПОСЕВЕ КОЗЛЯТНИКА В СЕВЕРНОЙ ЛЕСОСТЕПИ ПРИОБЬЯ

Лексина А.В., студент,
Селюк М.П., канд. биол. наук,
Мармулева Е.Ю., канд. с.-х. наук., доцент

ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный аграрный университет» (Новосибирск)

Реферат. В статье приведены результаты исследования по оценке численности энтомофагов в многолетнем посеве козлятника. Выявлена высокая численность перепончатокрылых паразитов в течение вегетационного периода. Динамика численности полезных насекомых носит волнообразный характер и зависит от наличия кормовой базы - фитофагов и фазы развития козлятника.

Ключевые слова: энтомофаг, фитофаг, популяция, козлятник, численность.

Summary. This article presents the results of a study assessing the population of entomophages in a perennial galega crop. High numbers of hymenopteran parasites were found throughout the growing season. Beneficial insect population dynamics fluctuate and depend on the availability of phytophagous food and the phase of galega development.

Keywords: entomophage, phytophage, population, goat's rue, quantity.

Введение. Одной из серьезных проблем в современном сельскохозяйственном производстве является получение и сохранение высококачественных кормов из многолетних бобовых культур [1]. Перспективной культурой для запросов кормопроизводства является козлятник восточный. Это растение характеризуется продуктивным долголетием до десяти лет и более, но имеет низкое распространение в регионах России из-за особенностей своего развития в первые годы жизни [2]. Особую опасность для растений козлятника восточного представляют вредные насекомые в первый год жизни культуры, когда она очень медленно развивается, а также в начальные периоды развития в последующие два года жизни [3]. Поэтому исследования в области регулирования численности вредных насекомых на козлятнике с помощью их энтомофагов является актуальным. **Цель исследования** – изучение популяции насекомых-энтомофагов в агроценозе козлятника восточного в северной лесостепи Приобья.

Объекты и методы исследований. Исследование проводили в Новосибирской области на опытных полях СФНЦА РАН Сибирского научно-исследовательского института кормов в многолетнем агроценозе галеги восточной сорта Горноалтайская 87 в 2024 году. Посев галеги состоялся в 1991 году. В двадцатитрехлетнем агроценозе галеги отмечен широкий видовой состав сорных растений. Тип почвы опытного участка – чернозем выщелоченный среднемощный среднесуглинистый с содержанием гумуса в пахотном горизонте – 5,4-5,7 %, рН 5,8-7,1. Объектами исследования являлись энтомофаги яруса травостоя козлятника восточного. Сбор насекомых проводили методом кошения энтомологическим сачком [4].

Обсуждение результатов. В результате изучения биологического разнообразия энтомофагов в агроценозе козлятника восточного нами были выявлены насекомые

из 5 отрядов: Полужесткокрылые (4,7 %), Бахромчатокрылые (7,2 %), Перепончатокрылые (73,6 %), Двукрылые (11,4 %), Жесткокрылые (3,1 %).

Отряд Полужесткокрылые был представлен клопами из семейств *Orious*, *Antocoris*, клопами-хищницами, клопами-щитниками. Отряд Бахромчатокрылые был представлен хищными трипсами, отряд Перепончатокрылые – пчёлами, перепончатокрылыми паразитами и наездниками. Отряд Двукрылые был представлен – серфидами, серебрянками, серыми мясными мухами (*Sarcofagidae*), отряд Жесткокрылые – бегунчиками и коровками (табл. 1).

Таблица 1 – Таблица подсчёта численности энтомофагов в агроценозе козлятника (2024 г.)

Энтомофаги	19.06	07.07	17.07	18.07	26.07	12.08	23.08	29.08
Отряд Полужесткокрылые								
Клопы (<i>Orious</i> , <i>Antocoris</i>)	0	3	0	0	0	1	0	8
Клоп Хищнец	0	0	0	0	0	1	0	2
Клоп (щитник)	0	0	0	0	0	0	0	3
Отряд Бахромчатокрылые								
Хищные трипсы	4	14	0	4	3	0	0	3
Отряд Перепончатокрылые								
Пчёлы	0	1	0	0	0	0	0	0
Перепончатокрылые паразиты	40	30	9	40	12	20	26	96
Наездники	0	2	0	0	2	0	0	7
Отряд Двукрылые								
Серфиды	0	0	0	0	0	12	0	0
Серебрянки	7	0	0	7	1	2	1	0
Серая мясная муха (<i>Sarcofagidae</i>)	0	8	0	0	0	5	0	1
Отряд Жесткокрылые								
Бегунчики	1	0	1	1	0	0	0	0
Коровка	0	4	0	0	2	2	0	1

Согласно данным таблицы видно, что динамика численности энтомофагов варьировалась в течение вегетации. Увеличение численности насекомых отмечено в конце июня, в середине июля наблюдалось небольшое снижение численности, кроме перепончатокрылых паразитов, которые доминировали в энтомокомплексе козлятника на протяжении всей вегетации. В августе численность энтомофагов менялась по декадам и самой максимальной была в третьей декаде.

Растения козлятника восточного способны накапливать полезную энтомофауну в своем фитоценозе ввиду многолетнего возделывания культуры (до 10 лет и более) [3]. Однако ввиду того, что в первые годы жизни козлятник подвержен влиянию различных стресс-факторов, наличие в составе энтомокомплекса культуры большого количества полезных насекомых благоприятно повлияет на фитосанитарную ситуацию в отношении вредителей [5].

Изменение численности энтомофагов связано с наличием кормовой базы для них, а именно наличием фитофагов в посеве. Так, при увеличении численности фитофагов возрастает и численность энтомофагов. Например, перепончатокрылые паразиты и наездники хорошо борются с различными вредителями, откладывая в них яйца [6].

Соответственно они и были самыми многочисленными в энтомокомплексе козлятника восточного. А активность хищных трипсов отмечалась в течение бутонизации и цветения козлятника. Имаго и личинки коровок в небольшом количестве отмечены в начале и конце июля и августа. Они питаются тлём, червецами и листоблошками, которые также активны в течение вегетационного периода.

Выводы. Исследование динамики численности энтомофагов в посеве козлятник восточного показали его важную роль в сохранении и накоплении полезных насекомых для поддержания экологического равновесия в агроэкосистеме. Характер активности энтомофагов травостоя козлятника носил волнообразный характер с нарастающим пиком численности в конце июня, продолжающимся пиком в июле и спадом в августе в среднем на 30 %.

Литература

1. Иванова М. В., Плотников А. А. Сравнительная эффективность бобово-злаковых травостоев на основе козлятника восточного (*Galéga orientalis* Lam.) // Достижения науки и техники АПК. – 2019. – Т. 33. – № 1. – С. 10-13.
2. Шадских В. А., Кижаяева В. Е., Рассказова О.Л. Ресурсосберегающая технология возделывания козлятника восточного в условиях орошения // Орошаемое земледелие. 2019. № 4. С. 30-33.
3. Мармулева, Е. Ю. *Galega orientalis* Linnaeus – резерватор почвенных энтомофагов / Е. Ю. Мармулева, М. П. Селюк, Е. И. Якушевский // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология. Химия. – 2023. – Т. 9, № 4. – С. 115-125.
4. Чулкина, В. А. Фитосанитарная диагностика агроэкосистем: учебн.-практ. пособие / В. А. Чулкина, Е. Ю. Торопова, Г. Я. Стецов [и др.]. – Барнаул, 2017. – 210с.
5. Селюк, М. П. Роль кормовых трав в поддержании биологического разнообразия агроценозов и почвы / М. П. Селюк, Е. Ю. Мармулева, Е. А. Матенькова // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2025. – № 2(404). – С. 251-255. – DOI 10.55186/25876740_2025_68_2_251.
6. Зуева, Е. А. Влияние приемов возделывания на урожайность и посещаемость козлятника восточного медоносными пчелами / Е. А. Зуева // Агропромышленный комплекс: состояние, проблемы, перспективы : сборник статей XVI Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию Пензенского государственного аграрного университета, Пенза, 26–27 ноября 2021 года. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2021. – С. 29-32.

УДК 632.7.04/.08

**БИОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ФИТОФАГОВ ЯРУСА ТРАВСТОЯ
В АГРОЦЕНОЗЕ *GALEGA ORIENTALIS* LINNAEUS**

Рулёва А.В., студент,
Селюк М.П., канд. биол. наук,
Мармулева Е.Ю., канд. с.-х. наук, доцент

ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный аграрный университет» (Новосибирск)

Реферат. В статье представлены результаты учёта биологического разнообразия и динамики численности насекомых-вредителей в агроценозе (*Galega orientalis* Linnaeus в Новосибирской области в 2024 году. Отмечено доминирование растительноядных трипсов и долгоносиков родов *Apion*, *Tychius*, *Sitona*, *Bothynoderes* в июне. В августе основную численность вредителей составили цикадки и клопы-слепняки. Выявлена смена доминирующих вредителей в течение вегетации и выявлены потенциально наиболее опасные группы для посевов *Galega orientalis* Linnaeus.

Ключевые слова: козлятник, *Galega orientalis*, агроценоз, Вредитель, долгоносик, трипс, цикадка, клоп-слепняк.

Summary. The article presents the results of monitoring biodiversity and the population dynamics of insect pests in the agroecosystem of *Galega orientalis* Linnaeus in the Novosibirsk region in 2024. A dominance of herbivorous thrips and weevils of the genera *Apion*, *Tychius*, *Sitona*, and *Bothynoderes* was observed in June. In August, leafhoppers and stink bugs were the most abundant pests. A shift in dominant pest species during the growing season was identified, as well as the potentially most dangerous groups for *Galega orientalis* Linnaeus crops.

Keywords: Eastern galega, *Galega orientalis*, agroecosystem, pest, weevil, thrips, leafhopper, stink bug.

Введение. *Galega orientalis* Linnaeus – многолетняя кормовая культура, которая в последние годы привлекает особое внимание как специалистов сельского хозяйства, так и научных работников. Его растущая популярность обусловлена уникальным сочетанием высокой урожайности, исключительной неприхотливости и многолетнего цикла жизни. Это растение справедливо называют культурой будущего, способной внести значительный вклад в устойчивое развитие сельского хозяйства [1]. Данная культура обладает очень высокой морозостойкостью и переносит бесснежные зимы с температурами до минус 25 °С, а при наличии снежного покрова выносит понижение температуры до минус 40 °С, что актуально для Западной Сибири с резко континентальным климатом [2].

Однако расширение площадей под возделывание козлятника, изменение климатических условий и процессы естественной миграции насекомых требуют постоянного мониторинга и обновления данных о численности вредителей. Несмотря на общую устойчивость, культура может становиться объектом питания для некоторых полифагов и олигофагов. В научной литературе имеются отдельные указания на потенциальную уязвимость козлятника к повреждению клубеньковыми долгоносиками, клопами и некоторыми видами тлей [3,4].

Цель исследования: изучение биологического разнообразия и динамики численности вредителей в агроценозе *Galega orientalis* Linnaeus.

Объект и методы исследований. Исследование проводили в Новосибирской области на опытных полях СФНЦА РАН Сибирского научно-исследовательского института кормов в многолетнем агроценозе галеги восточной сорта Горноалтайская 87 в 2024 году. Посев

галеги состоялся в 1991 году. В двадцатитрехлетнем агроценозе галеги отмечен широкий видовой состав сорных растений. Тип почвы опытного участка – чернозем выщелоченный среднесуглинистый с содержанием гумуса в пахотном горизонте – 5,4-5,7 %, рН 5,8-7,1. Объектами исследования являлись энтомофаги яруса травостоя козлятника восточного. Сбор насекомых проводили методом кошения энтомологическим сачком [5].

Обсуждение результатов. По результатам учетов за вегетацию 2024 года исследований на козлятнике было учтено 632 насекомых, включая личинки из 5 отрядов: Полужесткокрылые (*Hemiptera*), Бахромчатокрылые (*Thysanoptera*), Жесткокрылые (*Coleoptera*), Двукрылые (*Diptera*) и Чешуекрылые (*Lepidoptera*).

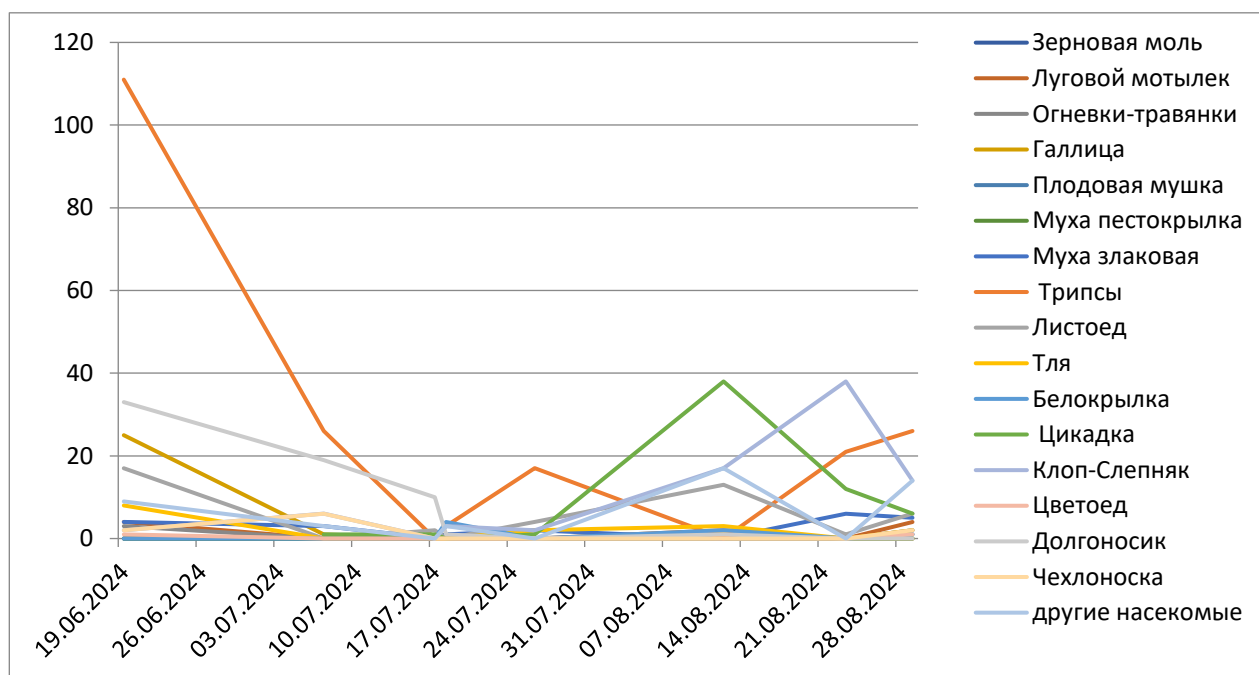


Рис. 1. Динамика численности основных групп насекомых-вредителей козлятника

Динамика численности вредителей в течение сезона характеризовалась выраженными колебаниями.

В июне численность вредителей была максимальной (233 насекомых), что говорит о хорошей зимовке вредителей и ростом вегетативной массы козлятника. В этот период вредители начинают активно питаться, и растения, находясь в активной фазе роста обеспечивают им достаточную кормовую базу.

Во второй и третьей декадах июля отмечен резкий спад численности большинства вредных насекомых. Причинами такого снижения могли быть естественная гибель перезимовавшего поколения, неблагоприятные погодные условия, ограничивавшие выживаемость личинок и яиц, а также активность естественных врагов и патогенов. После этого отмечалось лишь незначительное восстановление численности, обусловленное выходом первых особей нового поколения.

В августе зафиксирован второй пик нарастания численности вредителей. Он обусловлен появлением новых поколений вредных насекомых. Максимум численности был зафиксирован 12 августа (108 насекомых), после чего снова наблюдалось снижение, связанное с естественным старением и ухудшением условий питания по мере старения растений и наличием в агроценозе козлятника большого количества энтомофагов.

В целом, в этомокомплексе яруса травостоя *Galega orientalis* Linnaeus среди вредителей наиболее значимыми были долгоносики (родов *Apion*, *Tychius*, *Sitona*,

Bothynoderes), растительные трипсы (*Thysanoptera*), галлицы (*Cecidomyiidae*), клопы-слепняки (*Stenodema*), а также два вида цикадок (*Macrostelus laevis*, *Cicadella viridis*).

В начале вегетации (июнь) самыми многочисленными оказались в травостое *Galega orientalis* Linnaeus были трипсы (32 %), пик их активности пришёлся на 19 июня. Трипсы питаются соками растений, повреждая листья, бутоны и молодые цветки, обладают высокой скоростью размножения. Так благодаря этому всего несколько поколений может дать вспышку численности вредителей. Галлицы относятся к числу опасных специализированных фитофагов, также были отмечены в начале июне. Их самки откладывают яйца в молодые побеги и листья, а личинки питаются соками и тканями растения. Доля в энтомокомплексе *Galega orientalis* Linnaeus в 2024 года составила 4,3 %. Долгоносики родов *Apion*, *Tychius*, *Sitona*, *Bothynoderes* составили 6,5 % от общего количества насекомых-вредителей.

К августу отмечена высокая численность в агроценозе *Galega orientalis* Linnaeus цикадок (15 %) и клопов-слепняков (12,9 %). Смена доминирующих насекомых в травостое козлятника в течение вегетационного сезона говорит о динамике сообщества вредителей. При высокой плотности цикадок растение испытывает стресс из-за потери воды и питательных веществ. Клопы-слепняки часто мигрируют с других растений, когда их источники пищи ухудшаются или высыхают [6].

Важно отметить, что численность остальных вредителей оставалась относительно низкой. Многие из них не специализированы на *Galega orientalis*, поэтому их численность была минимальной.

Выводы. В агроценозе *Galega orientalis* Linnaeus в 2024 году выявлен разнообразный комплекс насекомых-вредителей, состоящий из 5 отрядов. Основными фитофагами, оказавшими влияние на состояние культуры, стали трипсы, долгоносики, галлицы, клопы-слепняки и цикадки. Динамика численности вредителей с высокими колебаниями: в июне и августе отмечено высокое количество насекомых. Однако важно, что численность вредителей не достигла порога вредоносности, несмотря на пики активности в течение вегетации. Это говорит о том, в агроценозе *Galega orientalis* Linnaeus складывается положительная фитосанитарная ситуация в отношении вредителей, в том числе благодаря высокой численности энтомофагов.

Литература

1. Зубарёв, Ю. Н. Козлятник восточный – культура XXI века / Ю. Н. Зубарёв, Л. В. Фалалеева, Я. В. Субботина [и др.] // Пермский аграрный вестник. – 2016. – № 4. – С. 4-9.
2. Мармулева, Е. Ю. *Galega orientalis* Linnaeus – резерватор почвенных энтомофагов / Е. Ю. Мармулева, М. П. Селюк, Е. И. Якушевский // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология. Химия. – 2023. – Т. 9, № 4. – С. 115-125.
3. Баландина, Е. В. Вредители козлятника восточного / Е. В. Баландина // Аграрный вестник Урала. – 2013. – №1 (107). – С. 6-7.
4. Васильева, Т. В. Фитофаги и энтомофаги козлятника восточного / Т. В. Васильева, М. В. Соколов // Защита и карантин растений. – 2014. – № 8. – С. 36-37.
5. Чулкина, В. А. Фитосанитарная диагностика агроэкосистем: учебн.-практ. пособие / В. А. Чулкина, Е. Ю. Торопова, Г. Я. Стецов [и др.]. – Барнаул, 2017. – 210с.
6. Saulich, A. Kh. Seasonal Development of Plant Bugs (Heteroptera, Miridae): Subfamily Mirinae, Tribe Mirini / A. Kh. Saulich, D. L. Musolin // Entomological Review. – 2020. – Vol.100. – No.2. – P.135-156.

УДК 634.11:581.1

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРИЕМОВ ФОРМИРОВКИ КРОН ЯБЛОНИ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ СОРТОВ В НАСАЖДЕНИЯХ БЕЗОПОРНОЙ КОНСТРУКЦИИ НА ФОНЕ ПРИМЕНЕНИЯ БИОСТИМУЛЯТОРОВ

Оплачко Е.А., аспирант

ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства,
виноградарства, виноделия» (Краснодар)

Реферат. В статье представлены результаты исследований по усовершенствованию элементов технологии возделывания яблони сортов отечественной селекции Орфей и Марго по безопорной технологии на фоне применения биостимуляторов. Разработаны приемы формирования кроны по типу русского веретена, модифицированные отличающихся от зарубежных и отечественных аналогов – Русское веретено с летними зелёными операциями и Русское веретено, модифицированное с удлинённой обрезкой ветвей для сортов яблони отечественной селекции Марго, и Орфей. Усовершенствованные формирования обеспечивают равномерную нагрузку урожаем, благодаря чему исключается вероятность периодичности плодоношения, повышение урожайности плодов и равномерный окрас плодов яблони сорта Орфей. Выявлено положительное влияние некорневых обработок биостимуляторами на основе аминокислот на урожайность и показатели элементов структуры урожая яблони сортов Орфей и Марго. Максимальная прибавка урожая яблони сорта Орфей составила 7,6 т/га, сорта Марго – 4,3 т/га, а также увеличение средней массы плода исследуемых сортов яблони при обработках биостимуляторами до 20 %.

Ключевые слова: яблоня, безопорная технология, сорта отечественной селекции, модифицированные формирования кроны, обработки биостимуляторами

Summary. The article presents the results of research on improving the elements of technology for cultivating apple trees of domestic varieties Orpheus and Margot using unsupported technology against the background of the use of biostimulants. Russian Russian spindle crown forming techniques have been developed, modified from their foreign and domestic counterparts - the Russian spindle with summer green operations and the Russian spindle modified with elongated pruning of branches for apple varieties of domestic Margo and Orpheus breeding. The improved formations ensure a uniform load of the crop, which eliminates the possibility of periodicity of fruiting, increased fruit yield and uniform color of the fruits of the Orpheus apple tree. The positive effect of non-root treatments with amino acid-based biostimulants on the yield and structural elements of the harvest of Orpheus and Margot apple trees has been revealed. The maximum increase in the yield of Orpheus apple trees was 7.6 t/ha, Margo varieties – 4.3 t/ha, as well as an increase in the average fruit weight of the studied apple varieties when treated with biostimulants by up to 20 %.

Key words: apple tree, unsupported technology, varieties of domestic breeding, modified crown formations, biostimulator treatments

Введение. Технологии ведения отрасли плодоводства многовариантны в зависимости от условий, целей и возможностей производителей. Современные насаждения плодовых культур, в частности яблони, в основном возделывают по интенсивным технологиям. Также применяют безопорные технологии интенсивного сада (без установки стационарной опоры)

позволяющие значительно сократить первоначальные затраты на закладку сада плотной посадки деревьев, с использованием подходящих сортов и подвоев, а также применением соответствующих приемов ухода за насаждениями [1-4]. Такие технологии ведения насаждений особенно предпочтительны для хозяйств малых форм, в предгорных условиях, где условия рельефа и свойств почв не дают возможности закладывать большие массивы садов плотной посадки деревьев. Для продовольственной безопасности страны в отрасли садоводства важно использование отечественных сортов для таких насаждений.

Внедрение в производство сортов отечественной селекции, в частности яблони, как одной из наиболее распространенных и востребованных плодовых культур, является основополагающим фактором формирования высокопродуктивных насаждений, направленных на импортозамещение, особенно на юге.

Созданы отечественные сорта яблони, которые обладают комплексом ценных признаков: устойчивость к неблагоприятным факторам внешней среды, скороплодность, интенсивный рост урожайности, стабильное плодоношение, высокое качество плодов [5-7]. В современных условиях потребителями наиболее востребованы яблоки с округлой или округло-конической формой плодов, например, такие как сорта Марго и Орфей, созданные учеными ФГБНУ СКФНЦСВВ и ВНИИ селекции плодовых культур [5-7].

Для широкого распространения и внедрения в производство таких сортов необходима разработка приемов возделывания насаждений яблони с учетом их сортовых особенностей. В системе производства высококачественных плодов яблони сорта Орфей и Марго на юге России кроме сортовых технологий ухода за кроной необходимы приемы нивелирования влияния высоких летних температур, поскольку продуктивность яблони в большой степени также зависит от условий среды. Анализ источников показывает, что для нивелирования влияния летних температур могут быть эффективными биостимуляторы на основе аминокислот, так как они повышают фертильность пыльцы, образование и сохранность завязи, способность усвоения элементов питания. Препараты на основе аминокислот положительно влияют на метаболизм растений, повышают качество плодов и урожайность, поддерживая восстановление органов растения после возникновения стрессов [8-11].

В связи с вышеизложенным, цель наших исследований - разработка способов повышения продуктивности и устойчивости яблони отечественных сортов в насаждениях безопорной конструкции посредством усовершенствования и модификации приемов формирования крон яблони на фоне применения биостимуляторов для снижения стрессовых воздействий среды.

Объекты и методы исследований.

В основу работы положены метод полевого опыта, сопровождаемый лабораторно-аналитическими исследованиями.

При закладке опыта, проведении учетов, наблюдений и других видов полевых работ использовали методики Всесоюзного НИИ садоводства им. И.В. Мичурина [12], методики ВНИИСПК [13].

Товарные качества плодов в период их съема (размеры плодов) определяли согласно ГОСТ 34314-2017 [14].

Экспериментальные данные полевых опытов, результаты лабораторных анализов использованы для первичной статистической электронной обработки по системному методу Б.А. Доспехова, применением дисперсионного анализа в программах StatSoft STATISTICA 8.0 и дальнейшего анализа с помощью программы Microsoft Office Excel [15].

Объектами исследований были насаждения яблони сортов Орфей и Марго (совместной селекции СКФНЦСВВ и ВНИИСПК) 2013 года посадки, зимнего срока созревания, привитые на полукарликовом подвое СК-2, схема посадки 4,5х1,2 м.



Рис. 1. Насаждения яблони сорта Марго



Рис. 2. Насаждения яблони сорта Орфей

Схемы опытов и описание вариантов:

Схема опыта:

Вариант 1. Русское веретено – контроль.

Вариант 2. Русское веретено с «зелёными операциями».

Вариант 3. Русское веретено модифицированное с удлинённой обрезкой.

Повторность опыта трёхкратная, в повторности 6 деревьев. Размещение вариантов систематическое.

Вариант 1. Контроль. Русское веретено

Вариант 2. Русское веретено с летними зелёными операциями. Однолетние неразветвленные саженцы обрезают на высоте 70-80 см от поверхности почвы. Весной первого года вегетации после пробуждения почек их удаляют на высоте штамба - 40 см. Для придания отрастающим ветвям горизонтальное положение в первой-второй декаде июня использовали различные распорки, грузики, оттяжки, чтобы вершина молодой ветви на 5-10 см была выше основания. Осенью после листопада все приспособления для изменения расположения ветвей удаляли и укорачивали центральный проводник на 50 см. Весной 2-го года боковые ветви 1-го яруса укорачивали на 1/3, верхушечную почку оставляют, следующие 5 удаляли. По мере роста ветвей выламывали или прищипывали сильные вертикальные побеги. На нижних ярусах надо вовремя удалять на косой сучок чрезмерно утолстившиеся ветви (более 1/2 диаметра центрального проводника) или переводить их на тонкое боковое ответвление.

Начиная с третьего года, когда дерево закладывает второй, третий ярус ветвей, добавляли следующие приемы: молодой прирост, направленный вертикально, выламывали или срезали на ближайшую нижнюю почку, а более пологий имеющий угол отхождения 45 градусов урезали на 1/3 для того, чтобы в зоне 10-15 см от места пресечения образовались новые разветвления.



Рис. 3. Формировка «Русское веретено»

Вариант 3. Русское веретено, модифицированное с удлинённой обрезкой. В первые два года после посадки саженцев крону формировали как классическое Русское веретено. На третий год, при закладке второго и третьего яруса ветвей удаляли вертикальные побеги, сохраняли побеги, имеющие угол отхождения 45 градусов без укорачивания.

При формировке Русское веретено, модифицированное с удлинённой обрезкой, следует обращать внимание на смешанный тип плодоношения яблони сорта Орфей с активной закладкой плодов на концах ветвей, так как сохранение большого количества горизонтальных побегов без укорачивания может привести к перегрузке, мельчанию плодов

и облому ветвей. Ввиду почти полного сохранения приростов нижней части кроны существует вероятность возникновения перегрузки плодовых ветвей. В связи с этим требуется укорачивание или полное удаление молодого прироста в средней части кроны. Такой подход обеспечивает увеличение якорности дерева и уменьшает вероятность перегрузки плодами и мелкоплодности.

Возделывание яблони по безопорной технологии на подвое СК 2У предполагает использование саженцев с высокой окулировкой (40 см) и заглублённой посадки для улучшения якорности деревьев. Это позволяет создавать плодовые агроценозы на бесшпалерной основе, что снижает ресурсоёмкость закладки сада [1-3].

Некорневые обработки деревьев биостимуляторами проводили на варианте Русское веретено с зелёными операциями в три срока: 1-я перед цветением, 2-я – через 15 дней после первой обработки, 3-я – через 15 дней после второй, расход рабочего раствора – 1000 л/га.

Схема опыта:

1. Контроль.
2. *Изабион*, расход препарата – 2 л/га,
3. *Изабион*, расход препарата – 4 л/га,
4. *Аминофол Плюс*, расход препарата – 1 л/га
5. *Аминофол Плюс*, расход препарата – 3 л/га

Повторность опыта четырехкратная, в повторности по 3 дерева. Размещение вариантов систематическое.

Обсуждение результатов. Выявлено положительное влияние формировок Русское веретено с зелёными операциями и Русское веретено, модифицированное (удлиненная обрезка) на продуктивность, общий рост и развитие деревьев районированных сортов яблони отечественной селекции Орфей и Марго.

Средняя высота деревьев яблони сорта Орфей от 234 до 235 см с применением модифицированных формировок достоверно превышала высоту деревьев с формировкой классического русского веретена. Средний диаметр штамба деревьев также был больше (табл. 1). В результате интенсивной обрезки кроны удаляется вместе с отплодоносившей древесиной значительная часть точек роста. Так, у деревьев сорта Орфей количество побегов с обрезкой по типу Русское веретено с зелёными операциями и с использованием модификации удлиненная обрезка было в пределах традиционной формировки (табл. 1).

Таблица 1 – Влияние приемов обрезки кроны на ростовые процессы деревьев яблони сорта Орфей

Приемы обрезки кроны	Средняя высота дерева, см	Средний диаметр штамба, мм	Среднее количество побегов, шт.	Размеры прироста побегов, см	
				суммарный	средний
Русское веретено (контроль)	227	109	16	378	20
Русское веретено с зелёными операциями	235	112	22	632	28
Русское веретено модифицированное (удлиненная обрезка)	234	110	19	495	25
НСР ₀₅	3,2	1,7	2,6	26,1	3,8

Суммарный прирост ростовых побегов деревьев сорта Орфей при модифицированной формировке с зелёными операциями был больше на 254 см, на кроне с удлиненной обрезкой он составил 117 см. Листья деревьев с модифицированными приемами обрезки кроны были крупнее, чем на деревьях с традиционной обрезкой.

Модифицированные приемы обрезки оказали влияние на увеличение средней массы плодов и способствовали повышению урожайности деревьев яблони сорта Орфей. Средняя урожайность деревьев сорта Орфей за годы наблюдений при формировке с зелёными операциями и с удлиненной обрезкой были больше на 83,7-107,0 %, чем при традиционной обрезке. Наибольшая средняя масса плодов получена при формировке русское веретено модифицированное и составила 181 г, что на 9,7 % больше, чем со стандартной формировкой (табл. 2).

Таблица 2 – Влияние приемов обрезки на продуктивность деревьев яблони сорта Орфей

Приемы обрезки кроны	Среднее количество плодов на дерево, шт.	Средняя масса плода, г	Урожайность, кг/дер.
Русское веретено (контроль)	26	165	4,3
Русское веретено с зелёными операциями	45	175	7,9
Русское веретено модифицированное (удлиненная обрезка)	49	181	8,9
НСР ₀₅	2,8	6,4	1,3

Аналогичные результаты по основным параметрам ростовых процессов отмечены на деревьях яблони сорта Марго (табл. 3).

Совокупность полученных данных подтверждает, что используемые приемы обрезки оказывают положительное влияние на ростовые процессы яблони сортов Орфей и Марго.

Таблица 3 – Влияние приемов обрезки на ростовые процессы деревьев яблони сорта Марго

Приемы обрезки кроны	Средняя высота дерева, см	Средний диаметр штамба, мм	Среднее количество побегов, шт.	Прирост побегов, см	
				суммарный	средний
Русское веретено (контроль)	241	126	18	486	26
Русское веретено с зелёными операциями	251	129	25	641	29
Русское веретено модифицированное (удлиненная обрезка)	244	127	21	548	26
НСР ₀₅	4,4	1,5	2,9	18,7	1,7

Формировка кроны Русское веретено с зелёными операциями отличается существенными показателями, превышающими традиционное Русское веретено и это имеет значение для эффективного обновления вегетативных частей деревьев яблони и их развития.

При оценке фактической продуктивности яблони сорта Марго, на фоне изучаемых формировок кроны, выявлена отзывчивость к этим типам обрезки крон. Зафиксированы увеличение массы плодов на 4,6 % и прибавка урожая на 69,8-87,3 % (табл. 4).

Несмотря на существенное различие по уровню урожайности между деревьями яблони общий объем урожая невысокий. Связано это, прежде всего, с тем, что модификация и апробация усовершенствованных приемов обрезки проводилась в молодом саду, вступающем

в плодоношение на среднерослых подвоях по безопорной конструкции. Однако, стоит отметить, что безопорная конструкция сада на среднерослых подвоях имеет ряд преимуществ: низкие затраты на закладку сада, быстрая окупаемость, низкая себестоимость продукции, устойчивость деревьев в почве.

Таблица 4 – Влияние приемов обрезки на продуктивность деревьев яблони сорта Марго

Приемы обрезки кроны	Среднее количество плодов на дерево, шт.	Средняя масса плода, г	Урожайность, кг/дер.
Русское веретено (контроль)	36	174	6,3
Русское веретено с зелёными операциями	60	181	10,7
Русское веретено модифицированное (удлиненная обрезка)	65	182	11,8
НСР ₀₅	3,6	5,9	1,8

В целом, применение формировок кроны типа Русское веретено с зелёными операциями и Русское веретено модифицированное (удлиненная обрезка) способствовало повышению продуктивности яблони отечественных сортов Орфей и Марго.

Одним из ключевых этапов реализации потенциала продуктивности является период цветения, оплодотворения и формирования полезной завязи.

В 2024 году цветения яблони началось на 2 недели раньше, чем в 2023 году, цветение было обильное (рис. 4, 5). В период цветения яблони наблюдались недостаточно благоприятные погодные условия, что отрицательно сказалось на завязываемости плодов.



Рис. 4. Цветение деревьев яблони сорта Орфей (17.04.2024 г.)



Рис. 5. Цветение деревьев яблони сорта Марго (17.04.2024 г.)

В 2025 году цветения яблони исследуемых сортов началось в двадцатых числах апреля. Деревья сорта Орфей цвели очень слабо, цветение оценивалось в 2 балла. Деревья сорта Марго цвели лучше, цветение оценивалось в 3 – 3,5 балла.



Рис. 7. Цветение деревьев яблони сорта Орфей (22.04.2025 г.)



Рис. 8. Цветение деревьев яблони сорта Марго (22.04.2025 г.)

Обработки биостимуляторами способствовали повышению завязываемости плодов яблони сортов Орфей и Марго (табл. 5, 6).

При некорневых обработках биостимуляторами яблони сорта Орфей в 2024 году отмечено увеличение завязываемости плодов на 11-18 %, сорта Марго – на 4-12 %. Самые высокие показатели завязываемости по отношению к контролю были отмечены на варианте с обработкой Изабионом в дозе 4 л/га (табл. 5, 6).



Рис. 8. Завязывание плодов яблони сорта Орфей на варианте с обработкой препаратом Изабион в дозе 4 л/га



Рис. 9. Завязывание плодов яблони сорта Марго на варианте с обработкой препаратом Изабион в дозе 4 л/га

Таблица 5 – Влияние обработок биостимуляторами на завязывание плодов яблони сорта Орфей за 2024 - 2025 годы

Варианты опыта	Среднее кол-во соцветий, шт.		Среднее кол-во завязавшихся плодов на дереве, шт.		Завязываемость плодов, %	
	2024	2025	2024	2025	2024	2025
Контроль	75	11	73	7	19	12
Изабион, 2 л/га	61	16	91	24	30	22
Изабион, 4 л/га	54	26	99	53	37	41
Аминофол Плюс, 1 л/га	58	30	85	48	29	26
Аминофол Плюс, 3 л/га	56	26	101	49	36	33
НСР _{0,5}	8,8	8,4	12,0	21,0	-	-

Таблица 6 – Влияние обработок биостимуляторами на завязывание плодов яблони сорта Марго за 2024 - 2025 годы

Варианты опыта	Среднее кол-во соцветий, шт.		Среднее кол-во завязавшихся плодов на дереве, шт.		Завязываемость плодов, %	
	2024	2025	2024	2025	2024	2025
Контроль	115	82	140	70	24	17
Изабион, 2 л/га	83	50	116	88	28	31
Изабион, 4 л/га	61	42	109	97	36	46
Аминофол Плюс, 1 л/га	64	66	100	112	31	34
Аминофол Плюс, 3 л/га	82	29	138	55	34	38
НСР _{0,5}	22,7	21,8	18,7	23,6	-	-



Рис. 10. Нагрузка плодами яблони сорта Марго на варианте с обработкой препаратом Изабион в дозе 4 л/га



Рис. 11. Нагрузка плодами яблони сорта Орфей на варианте с обработкой препаратом Изабион в дозе 4 л/га

При некорневых обработках биостимуляторами яблони сорта Марго в 2025 году отмечено увеличение завязываемости плодов на 14-29 %, сорта Орфей – на 10-29 %. Самые высокие показатели завязываемости по отношению к контролю были отмечены на варианте с обработкой Изабионом в дозе 4 л/га. Таким образом, некорневые обработки яблони сортов Орфей и Марго биостимуляторами оказали положительное действие на нивелирование погодных стресс-факторов и повышение завязываемости плодов (табл. 5, 6).



Рис. 12. Плоды яблони сорта Орфей по вариантам опыта

Калибровка плодов яблони сорта Орфей по наибольшему поперечному диаметру показала, что обработки биостимуляторами повысили выход плодов высшего сорта (табл. 7). Наиболее крупные плоды отмечены в варианте с обработкой препаратом Изабион в дозе 4 л/га. Выход плодов высшего сорта составил 34 %, что на 23 % было больше, чем на контрольном варианте.

При калибровке плодов яблони сорта Марго по наибольшему поперечному диаметру установлено, что обработки биостимуляторами также увеличили выход плодов высшего сорта (табл. 7). Наиболее крупные плоды отмечены в варианте с обработкой препаратом Изабион в дозе 4 л/га. Выход плодов высшего сорта составил 37 %, что на 16 % больше, чем в контроле

Таблица 7 – Калибровка плодов яблони сортов Орфей и Марго по наибольшему поперечному диаметру в 2024 году, %

Варианты опыта	Сорта яблони					
	Орфей			Марго		
	более 60 мм	60-50 мм	менее 50 мм	более 60 мм	60-50 мм	менее 50 мм
Контроль	61	32	7	65	30	5
Изабион, 2 л/га	67	30	3	72	27	1
Изабион, 4 л/га	78	21	1	83	17	0
Аминофол Плюс, 1 л/га	69	30	1	79	20	1
Аминофол Плюс, 3 л/га	75	24	1	80	18	2

Как показывают данные, некорневые обработки биостимуляторами в условиях погодных стресс-факторов (высоких температур летнего периода) оказывали положительное влияние на урожайность яблони сортов Орфей и Марго, а также способствовали улучшению товарных качества плодов.

Во всех вариантах исследуемых сортов соотношения основных элементов питания в плодах соответствовали оптимальным значениям или были близки к ним, что свидетельствует об устойчивости к болезням при хранении. Биохимический анализ состава плодов яблони сортов Орфей и Марго показал, что обработки биостимуляторами способствовали повышению содержания витамина С и витамина Р в яблоках сорта Орфей. Наибольшее содержание витаминов зафиксировано в плодах, обработанных препаратом Аминофол Плюс в дозе 3 л/га. При дегустационной оценке отмечено, что менее сладкий вкус имели плоды, обработанные биостимулятором Изабион в дозе 4 л/га.

Обработки биостимуляторами листьев яблони сорта Марго повлияли на увеличение содержания растворимых сухих веществ (РСВ) и суммы сахаров, а также способствовали незначительному повышению кислотности. Наибольшее содержание витамина С и витамина Р отмечено в плодах на варианте с обработкой препаратом Изабион в дозе 4 л/га.

Вывод. Таким образом, усовершенствованные формировки деревьев яблони на примере сортов Орфей и Марго при безопорной конструкции насаждений увеличивают продуктивность деревьев, их нагрузку урожаем, повышают товарность плодов. Деревья сортов Орфей и Марго с усовершенствованными формировками следует размещать по схеме 4,0-5,0 x 2,0 м.

Некорневые обработки биостимуляторами деревьев яблони районированных отечественных сортов Орфей и Марго оказали положительное влияние на повышение завязываемости плодов яблони. Максимальная нагрузка плодами яблони изучаемых сортов отмечена в варианте с обработкой биостимулятором Изабион в дозе 4 л/га. Обработки биостимуляторами деревьев яблони сорта Орфей и Марго способствовали повышению выхода плодов высшего сорта. В плодах исследуемых сортов было отмечено увеличение содержания витаминов С и Р в вариантах с обработкой биостимуляторами. Наибольшее содержание витамина С и витамина Р в плодах яблони сорта Орфей установлено при обработках препаратом Аминофол Плюс в дозе 3 л/га, наибольшее содержание витамина С и витамина Р в плодах яблони сорта Марго отмечено в варианте с обработкой Изабионом в дозе 4 л/га.

Литература

1. Ермоленко, В.Г. Рост и урожайность яблони сорта Либерти на клоновых подвоях в садах безопорной конструкции с плотными схемами посадки / В.Г. Ермоленко, Т.А. Заерко, И.Л. Ефимова // Плодоводство и виноградарство Юга России. – 2018. – № 51(3). – С. 119-128. – DOI 10.30679/2219-5335-2018-3-51-119-128. – EDN UOKBGU.
2. Особенности формирования крон яблони сортов отечественной селекции в насаждениях безопорной конструкции: научно-практические рекомендации / Р.А. Оплачко, А.А. Кочубей, Е.А. Оплачко; под общей редакцией доктора с.-х. наук В.П. Поповой. – Краснодар: ФГБНУ СКФНЦСВВ, 2025. – 29 с.
3. Оплачко, Р.А. Разработка способов формирования рациональных конструкций кроны яблони отечественных сортов / Р.А. Оплачко, М.А. Сундырева, Е.А. Оплачко // Научные труды Северо-Кавказского федерального научного центра садоводства, виноградарства, виноделия. – 2023. – Т. 36. – С. 86-93. – DOI 10.30679/2587-9847-2023-36-86-93. – EDN TNHJLV.

4. Экономическая эффективность интенсивного безопорного яблоневого сада в условиях средней полосы России / Ю. В. Трунов, А. В. Соловьев, С. А. Брюхина, А. Ю. Меделяева // Наука и Образование. – 2024. – Т. 7, № 4. – EDN BWBSTF.
5. Ульяновская, Е.В. Создание новых сортов и элитных форм яблони, перспективных для Юга России / Е.В. Ульяновская, Ж.А. Шадрина, Г.А. Кочьян // Плодоводство и виноградарство Юга России. – 2018. – № 50(2). – С.1-12.
6. Ульяновская, Е.В. Эффективность возделывания иммунных и устойчивых к парше сортов яблони в южной зоне садоводства / Е.В. Ульяновская, Ж.А. Шадрина // Садоводство и виноградарство. – 2014. – № 3. – С. 23-28.
7. Ульяновская, Е. В. Селекционное совершенствование сортимента яблони для южного садоводства / Е. В. Ульяновская, К. М. Атабиев // Садоводство и виноградарство. – 2023. – № 1. – С. 18-23. – DOI 10.31676/0235-2591-2023-1-18-23. – EDN RNWHPN.
8. Оплачко, Е.А. Влияние применения биостимуляторов роста на нормирование плодов яблони отечественных сортов и улучшение их товарных качеств / Е.А. Оплачко // Научные труды Северо-Кавказского федерального научного центра садоводства, виноградарства, виноделия. – 2022. – Т. 34. – С. 140-145. – DOI 10.30679/2587-9847-2022-34-140-145. – EDN MRVIZM.
9. Попова, В.П. Способ применения биостимуляторов для формирования урожая качества плодов яблони / В. П. Попова, Е. А. Оплачко // Завершенные разработки Северо-Кавказского федерального научного центра садоводства, виноградарства, виноделия в 2023 году: каталог завершенных научных разработок. – Краснодар: Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия, 2024. – С. 69-70. – EDN CETJCN.
10. Оплачко, Е. А. Приемы повышения устойчивости яблони к стрессовым воздействиям летнего периода / Е. А. Оплачко, К. В. Андреева // Агроинновации: интеграция науки и бизнеса: Материалы Школы-конференции для молодых ученых с международным участием, Краснодар, 25–27 июня 2025 года. – Краснодар: Федеральный научный центр риса, 2025. – С. 186-192. – DOI 10.33775/conf-2025-186-192. – EDN UQWESB.
11. Кузин, А. И. Влияние пофазных систем некорневых подкормок яблони на формирование компонентов продуктивности в интенсивном саду / А. И. Кузин, Ю. В. Трунов // Достижения науки и техники АПК. – 2016. – Т. 30, № 5. – С. 61-63. – EDN VZYEUF.
12. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Под общ. ред. Г.А. Лобанова. Мичуринск: ВНИИС им. И. В. Мичурина, 1973. 495.
13. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / Под общ. ред. Е.Н. Седова, Т.П. Огольцовой. – Орел: ВНИИ селекции плодовых культур, 1999. – 608 с.
14. Яблоки свежие, реализуемые в розничной торговле ГОСТ 34314-2017 (Технические условия).
15. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. / Б. А. Доспехов //Агропромиздат. – 1985. – С. 351.

СЕКЦИЯ 3. ПРИРОДОПОДОБНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЗАЩИТЕ РАСТЕНИЙ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОГО ФИТОСАНИТАРНОГО СОСТОЯНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ ПРОДУКЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА МНОГОЛЕТНИХ АГРОЭКОСИСТЕМ

УДК 632.951.2

ВЛИЯНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТНОГО ПИТАНИЯ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИНСЕКТИЦИДНОЙ ЗАЩИТЫ МАСЛИЧНЫХ КУЛЬТУР В УСЛОВИЯХ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ

Поликарпов А.С., младший научный сотрудник

*ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет –
МСХА имени К.А. Тимирязева», Учебно-Научный Консультационный Центр
«Агроэкология пестицидов и агрохимикатов» (Москва), e-mail: antonpolikarpov@list.ru*

Реферат. В статье представлены результаты исследований по оптимизации инсектицидной обработки рапса ярового с учётом микроэлементного питания на дерново-подзолистых почвах. Изучено влияние совместного применения инсектицидного препарата и микроэлементов (бора и молибдена) на остаточные количества действующих веществ и эффективность защиты растений. Установлено, что применение микроэлементов в смеси с инсектицидом способствует более длительному сохранению остаточных количеств препарата в растениях в течение вегетационного периода. Это повышает устойчивость рапса к вредителям и пролонгирует защитное действие без негативного влияния на безопасность продукции. Полевая апробация на сорте «Викрос» рапса ярового проведена в Калужской области в условиях дерново-подзолистых почв, выявлена зависимость эффективности инсектицидной защиты от схемы применения микроэлементов.

Ключевые слова: рапс, инсектицид, микроэлементы, бор, молибден

Summary. The article presents the results of a study on optimizing insecticidal treatment of spring rapeseed considering micronutrient nutrition on sod-podzolic soils. The effect of the combined application of an insecticidal formulation and micronutrients (boron and molybdenum) on the residual levels of active substances and the effectiveness of plant protection was investigated. It was found that the use of micronutrients in a tank mix with the insecticide contributes to a longer retention of the active ingredients in the plants throughout the growing season. This enhances the resistance of rapeseed to pests and prolongs the protective effect without negatively affecting the safety of the final product. Field trials on the 'Vikros' spring rapeseed variety were conducted in Kaluga Region under sod-podzolic soil conditions. The dependence of insecticidal efficacy on the scheme of micronutrient application was established.

Key words: rapeseed, insecticide, micronutrients, boron, molybdenum

Введение. Яровой рапс (*Brassica napus*) по праву занимает одно из ведущих мест среди масличных культур умеренной климатической зоны, совмещая высокую агрономическую, кормовую и биохимическую ценность [4, 10, 20]. В условиях современной агроэкосистемы он выступает не только источником высококачественного масла (до 50 % в семенах), но и полноценного белка (до 30 %), незаменимого в системах животноводства, что определяет его стратегическое значение в обеспечении продовольственной и энергетической безопасности [7, 9]. Культуры семейства капустных, к которым относится рапс, характеризуются высокой чувствительностью к обеспеченности бором – микроэлементом,

играющим ключевую роль в формировании генеративных органов, оплодотворении, развитии точек роста и структурировании клеточной стенки [3, 12]. Потребность рапса в боре существенно превосходит аналогичные показатели у зерновых культур [1, 21]. Не менее важен и молибден, участвующий в ключевых процессах азотного обмена, включая превращение нитратов в аммиак и синтез аминокислот, а также способствующий лучшему усвоению фосфора [2, 11].

В современных условиях, характеризующихся усилением биотического давления со стороны вредителей, повышение эффективности защитных мероприятий приобретает особую актуальность. Потери урожая рапса вследствие фитофагов могут достигать 30–35 %, а при эпифитотиях – превышать 60 %, что в сочетании с потерями при хранении требует разработки комплексных стратегий защиты растений [5, 8].

Одним из перспективных направлений является интеграция микроэлементного питания с химическими средствами защиты растений. Такой подход позволяет не только пролонгировать действие инсектицидов и повысить устойчивость посевов к вредителям [14, 17, 16], но и способствует оптимальному физиологическому состоянию растений, обеспечивая тем самым рост продуктивности без ущерба для экологической устойчивости агроценозов [15, 18, 19]. Кроме того, совмещение инсектицидной обработки с внекорневым внесением микроэлементов в рамках одного технологического приёма позволяет оптимизировать затраты на проведение защитных мероприятий, снизить операционные издержки и трудоёмкость, что в совокупности способствует повышению экономической эффективности агротехнологии [6, 13].

Объекты и методы исследований. Объектом исследований являлись растения рапса ярового (*Brassica napus*) сорта «Викрос», возделываемые на дерново-подзолистых среднесуглинистых почвах Калужской области. Почва опытного участка среднесуглинистая, слабокислая (рН = 5,7), с содержанием гумуса 2,1 %, P_2O_5 – 190 мг/кг, K_2O – 120 мг/кг, обеспеченность микроэлементами (В, Мо) – средняя и ниже средней (подвижного бора – 0,15–0,22 мг/кг, мобильного молибдена – менее 0,05 мг/кг). Климат региона – умеренно-континентальный с достаточным увлажнением, среднегодовая температура воздуха – +4,5 °С, сумма активных температур – 2100–2400 °С, годовая сумма осадков – 500–720 мм. В течение 2022–2024 гг. метеоусловия вегетационного периода различались по температуре и режиму увлажнения, что обеспечило репрезентативность данных. Стационарный полевой опыт был заложен по схеме с четырёхкратной повторностью. Размер делянки – 20 м². Исследовались 5 вариантов опыта:

1. Контроль (без обработки инсектицидом и без удобрений).
2. Инсектицидная обработка (0,10 л/га) с удобрениями (NPK – 60 кг/га д.в.).
3. Инсектицидная обработка (0,12 л/га) с удобрениями (NPK – 60 кг/га д.в.).
4. Инсектицид (0,10 л/га) + бор (2 кг/га) + молибден (0,3 кг/га) с удобрениями (NPK – 60 кг/га д.в.).
5. Инсектицид (0,12 л/га) + бор (2 кг/га) + молибден (0,3 кг/га) с удобрениями (NPK – 60 кг/га д.в.).

Инсектицидный препарат представлял собой концентрат суспензии, содержащий 141 г/л тиаметоксама и 106 г/л лямбда-цигалотрина. Микроэлементы вносили в виде водорастворимых солей: борной кислоты и аммония молибдата. Обработка проводилась двукратно в фазу розетки и начало бутонизации.

Обсуждение результатов. В условиях 2024 года отмечено различие в скорости деградации тиаметоксама в зависимости от схемы обработки растений. В контрольном варианте без добавления микроэлементов (вариант 1) концентрация действующего вещества на момент внесения составляла 1,37 и 0,98 мг/кг соответственно. Через 7 суток

остаточное количество снижалось до 0,89 и 0,55 мг/кг, а на 14-й день препарат в растениях не обнаруживался, что свидетельствует о его полной деградации в пределах двух недель.

В вариантах с совместным применением инсектицида и микроэлементов (варианты 4 и 5) фиксировались более высокие начальные концентрации (2,26 и 1,97 мг/кг), а также замедленная скорость разложения. Через 7 суток после обработки содержание тиаметоксама сохранялось на уровне 1,47 и 0,93 мг/кг, соответственно, а на 14-й день достигало 0,22 и 0,29 мг/кг. Таким образом, остаточные количества сохранялись на уровне $\geq 0,1$ мг/кг на 3–5 дней дольше по сравнению с вариантами без микроэлементов (табл. 1).

Таблица 1 – Динамика разрушения действующих веществ инсектицидов в растениях рапса ярового сорта «Викрос» (Калужская область, 2024 г.)

Вариант опыта	День отбора			День отбора		
	0	7	14	0	7	14
	Лямбда-цигалотрин, мг/кг			Тиаметоксам, мг/кг		
Инсектицидная обработка (0,10 л/га) с удобрениями (NPK – 60 кг/га д.в.)	0,48	0,19	0	1,37	0,89	0
Инсектицидная обработка (0,12 л/га) с удобрениями (NPK – 60 кг/га д.в.)	0,37	0,18	0	0,98	0,55	0
Инсектицид (0,10 л/га) + бор (2 кг/га) + молибден (0,3 кг/га) с удобрениями (NPK – 60 кг/га д.в.)	0,59	0,18	0,02	2,26	1,47	0,22
Инсектицид (0,12 л/га) + бор (2 кг/га) + молибден (0,3 кг/га) с удобрениями (NPK – 60 кг/га д.в.)	0,59	0,20	0	1,97	0,93	0,29
Среднее по вариантам	0,51	0,19	0,02	1,65	0,75	0,10

В среднем по вариантам опытов 2024 года содержание тиаметоксама составило 1,65 мг/кг в день обработки, 0,75 мг/кг через 7 суток и 0,10 мг/кг на 14-й день. Установлено, что применение бора и молибдена в баковой смеси с инсектицидом способствует пролонгации инсектицидного действия за счёт замедления деградации действующего вещества.

В 2024 году отмечено общее снижение начальной концентрации лямбда-цигалотрина в растениях рапса. В контрольных вариантах без применения микроэлементов (варианты 2 и 3) исходное содержание действующего вещества составляло 0,48 и 0,37 мг/кг соответственно. Через 7 суток концентрация снижалась до 0,19 и 0,18 мг/кг, а на 14-й день препарат в растениях не определялся (табл. 1).

Варианты с совместным применением инсектицида и микроэлементов (варианты 4 и 5) характеризовались более высокой начальной концентрацией (по 0,59 мг/кг), а также меньшей скоростью разложения. Через 7 суток остаточные количества составляли 0,18 и 0,20 мг/кг, соответственно, а на 14-й день сохранялись на уровне 0,02 и 0,00 мг/кг. Таким образом, добавление бора и молибдена замедляло распад лямбда-цигалотрина, особенно в первые 7 дней после обработки.

Содержание лямбда-цигалотрина в день обработки составляло 0,51 мг/кг, на 7-й день – 0,19 мг/кг, а на 14-й день – 0,02 мг/кг. Совместное внесение микроэлементов с инсектицидом способствовало умеренному увеличению срока сохранения остаточных количеств вещества в растениях, вероятно, за счёт биохимической стабилизации соединения на фоне повышения физиологической устойчивости растений к стрессу.

Гистограмма показывает (рис. 1), что увеличение дозы инсектицида с 0,10 до 0,12 л/га не приводит к существенному увеличению остаточного содержания действующих веществ. Напротив, добавление микроэлементов В и Мо значительно пролонгирует присутствие тиаметоксама и лямбда-цигалотрина в растениях, делая необходимость повышения дозировки инсектицида избыточной.

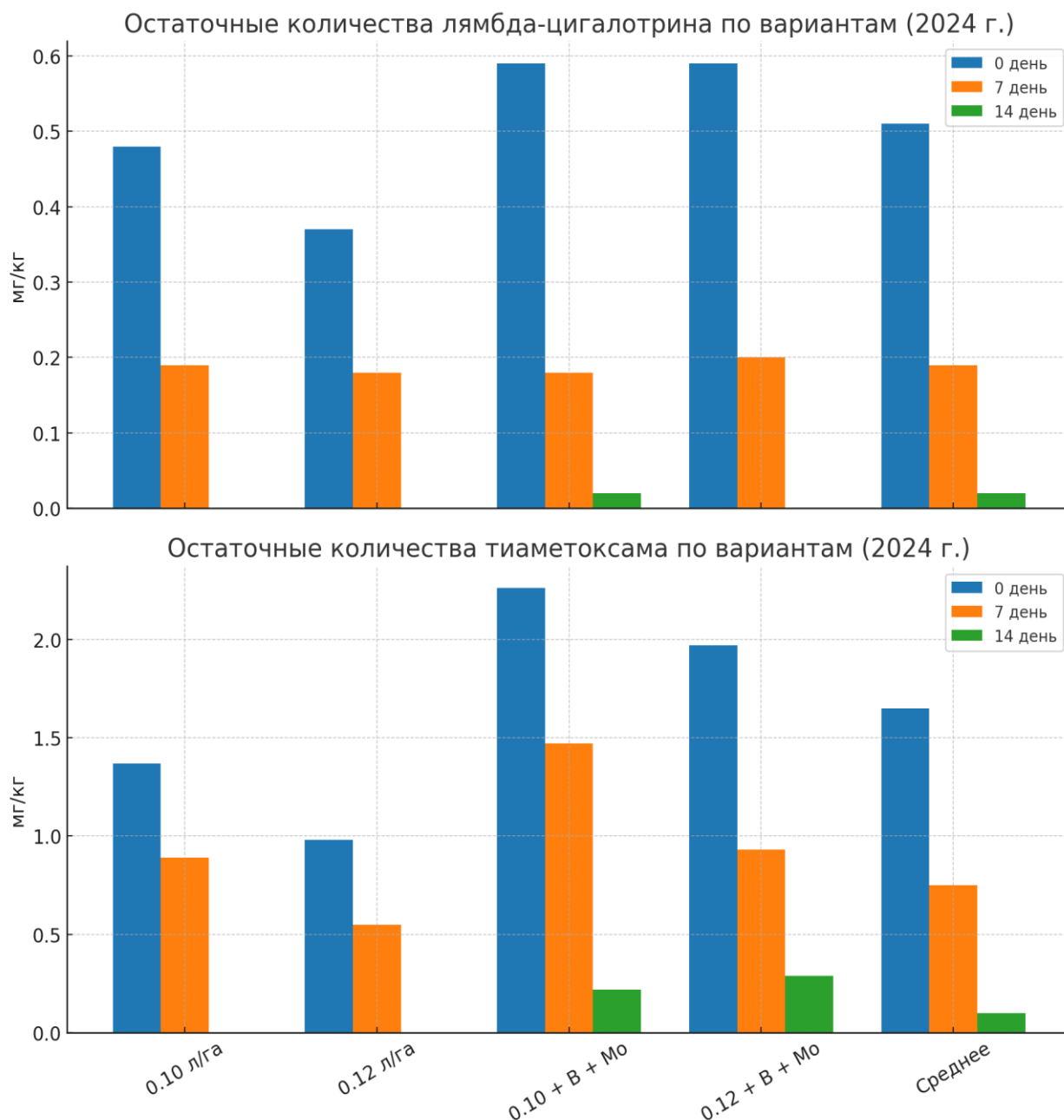


Рис. 1. Влияние присутствия микроэлементов (В и Мо) на динамику деградации действующих веществ инсектицидов в рапсе яровом (Калужская область, 2024)

Дополнительно можно отметить, что к 14-му дню после обработки остаточное количество действующих веществ стремится к нулю во всех вариантах без микроэлементов. Однако при совместном применении инсектицида с В и Мо наблюдается более медленное снижение концентраций, особенно у тиаметоксама. Это указывает на синергетический эффект микроэлементного питания, способствующий удержанию инсектицида в растениях

и продлению защитного действия, что важно при высоком уровне вредоносности фитофагов.

Вывод. Установлено, что добавление микроэлементов, замедляло разрушение остаточных количеств действующих веществ инсектицида в растении – тиаметоксама и лямбда-цигалотрина – в среднем на 12–18 %. В опытных вариантах остаточные количества сохранялись на уровне 0,05–0,12 мг/кг в течение 7–10 суток дольше по сравнению с контролем.

В 2024 году проведенные исследования показали, что динамика деградации тиаметоксама и лямбда-цигалотрина в растениях рапса существенно зависит от схемы обработки. Повышение дозы инсектицида с 0,10 до 0,12 л/га не привело к значимому увеличению остаточных количеств действующих веществ, что свидетельствует об отсутствии выраженного дозозависимого эффекта. В то же время совместное применение инсектицида с микроэлементами (В и Мо) способствовало увеличению начального содержания действующих веществ и замедлению их разложения, особенно в случае тиаметоксама. На 14-й день после обработки в вариантах с добавлением микроэлементов остаточные количества сохранялись на уровне $\geq 0,1$ мг/кг, в то время как в вариантах без В и Мо препараты полностью разрушались. Это подтверждает пролонгирующий эффект микроэlementного питания, вероятно связанный с биохимической стабилизацией действующих веществ и повышением физиологической устойчивости растений к стрессу. Таким образом, добавление В и Мо позволяет повысить продолжительность инсектицидного действия без необходимости увеличения дозировки, что делает такую схему агрохимической защиты более устойчивой и экономически обоснованной.

Литература

1. Акимов, А.А. Роль макро- и микроэлементов в жизни растений / А.А. Акимов, И.А. Платонов // Инновационные подходы к развитию науки и производства регионов: взгляд молодых ученых. – Тверь, 2021. – С. 38–41.
2. Аканова, Н.И. Эффективность магниевых удобрений на основе природных бруситов и их влияние на урожайность и качество масличных культур / Н.И. Аканова, А.В. Козлова, И.И. Серегина, Д.Е. Кутырева // Плодородие. – 2025. – № 1(142). – С. 9–12.
3. Анспок, П.И. Микроудобрения: справочная книга / П.И. Анспок. – Л.: Колос, 1978. – 272 с.
4. Артемьев, И.В. Рапс – масличная и кормовая культура / И.В. Артемьев, В.В. Карпачев. – Текст: непосредственный // Аграрная наука. – 2006. – №2 4. – С. 18.
5. Баздырев, Г.И. Интегрированная защита растений от вредных организмов: учебное пособие для магистров, обучающихся по направлению «Агрономия» / Г.И. Баздырев, Н.Н. Третьяков, О.О. Белошапкина. – Москва: Инфра-М, 2014. – 302 с.
6. Булавин, Л.А. Агроэкономическая эффективность применения микроэлементов на посевах озимого и ярового рапса / Л.А. Булавин. – Текст: непосредственный // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2012. – № 4. – С. 37 - 41.
7. Буряков, Ю.П., Москотин В.А. и др. Рапс озимый и яровой (практическое руководство по освоению интенсивной технологии возделывания). – М., 1988. – 45 с.
8. Гончаров, С.В., Горлова Л.А. Масличные культуры: новые вызовы и тенденции их развития // Масличные культуры. – 2018. – №2 (174). – С.96-100.
9. Гулидова, В.А. Рапс – высокомаржинальная культура России: монография / В.А. Гулидова. – Елец: Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина, 2019. – С. 310.
10. Лисицын, А.Н. Рапс-высокоценная масличная культура многоцелевого назначения / А.Н. Лисицын, В.Н. Григорьева, Л.Н. Лишаева // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института жиров. – 2013. – № 1. – С. 5-12.

11. Онищенко, Л.М., Стрелецкая Л.В., Кариков Д.С. Действие марганцевого и молибденового удобрений на посевные качества семян озимой пшеницы // Политематический сетевой электронный научный журнал КубГАУ. – 2021. – № 170. – С. 80–92.
12. Пейве, Я.В. Металлы – микроэлементы и роль их в ферментативных процессах / Я.В. Пейве // Агрохимия. – 1975. – № 8. – С. 148–156.
13. Пилук, Я.Э. Экономическая эффективность производства маслосемян озимого и ярового рапса / Я.Э. Пилук. – Текст: непосредственный // Земледелие и селекция в Беларуси. – 2019. – № 55. – С. 201–207.
14. Поликарпов, А.С. Динамика разрушения инсектицидного препарата в растениях ярового рапса при применении с бором и молибденом / А.С. Поликарпов, И.Н. Гаспарян // Плодородие. – 2025. – № 2(143). – С. 54–58.
15. Поликарпов, А.С. Изменение скорости разложения пестицидов при их совместном применении в процессе производства сельскохозяйственной продукции / А.С. Поликарпов и др. // Вестник Красноярского ГАУ. – 2023. – № 10(199). – С. 3–11.
16. Поликарпов, А.С., Гаспарян И.Н. Эффективность молибдена и бора в повышении урожайности ярового рапса в Калужской области // Агрохимический вестник. – 2025. – № 3. – С. 32–35.
17. Поликарпов, А.С. Изучение динамики разрушения многокомпонентного препарата на основе неоникотиноидов и пиретроидов при применении в сочетании с бором в системе защиты ярового рапса в условиях первой почвенно-климатической зоны РФ // Современные методы агрохимических... – 2024. – С. 118–121.
18. Поликарпов, А.С., Гаспарян И.Н. Изучение остаточных количеств инсектицидного препарата при применении в сочетании с бором и молибденом для защиты ярового рапса на дерново-подзолистых почвах // Вестник аграрной науки Узбекистана. – 2025. – № 3 (21/2). – С. 144–148.
19. Поликарпов, А.С. Изучение остаточных количеств инсектицидного препарата при применении в сочетании с бором и молибденом для защиты ярового рапса на дерново-подзолистых почвах // Защита растений от вредных организмов: материалы XII международной научно-практической конференции – Краснодар: КубГАУ, 2025. – С. 144–148.
20. Рапс – культура XXI века: аспекты использования на продовольственные, кормовые и энергетические цели: сб. научных докладов. Липецк, 15 июля 2005 г. – Липецк: ОАО ПК «Ориус», 2005. – 288 с.
21. Snowdon R., Friedt W., Köhler W. Agronomic importance of micronutrients in rapeseed production: boron, molybdenum and others // Oilseed Rape Today and Tomorrow. – Berlin: Springer, 2006. – P. 317–332.

УДК 633.2, 632.914.4

ВЛИЯНИЕ БИОПРЕПАРАТОВ НА ОСНОВЕ ГРИБОВ РОДА *TRICHODERMA* НА УРОЖАЙНОСТЬ ЯЧМЕНЯ ОЗИМОГО

Руденко В.Д.¹, Кустадинчев А.Д.¹, Ковынев И.В.², Письменная П.А.²,
Яхник Я.В.¹, Волкова Г.В.¹

¹ФГБНУ «Федеральный научный центр биологической защиты растений» (Краснодар)

²МАОУ СОШ 40 имени М.К. Видова (Новороссийск)

Реферат. Биологические методы защиты растений набирают популярность благодаря своей эффективности, избирательности и безопасности. Они способствуют улучшению плодородия почвы и устойчивости агроценозов. Биопрепараты на основе грибов рода *Trichoderma* могут повысить урожайность, стимулируя рост растений, улучшая усвоение питательных веществ и защищая от патогенов. Цель исследования – изучить влияние биопрепаратов на основе *Trichoderma* на урожайность озимого ячменя. Исследование проводилось на полевого стационаре ФГБНУ ФНЦБЗР на сортах ячменя озимого Юрий и Рубеж с применением биопрепаратов Геостим Фит, Ж, Стернифаг, СП, Трихоцин, СП, Оргамика Ф, Ж и химического фунгицида Скарлет, МЭ (эталон). Контроль – обработка водой. Семена обрабатывались перед посевом 10 л/т. Максимальная урожайность наблюдалась в вариантах с применением препаратов Геостим Фит, Ж и Трихоцин, СП. На сорте Рубеж с после применения препарата Геостим Фит, Ж прибавка составила 14,6 %, на сорте Юрий после применения препарата Трихоцин, СП – 11,2 %. Применение препаратов Стернифаг, СП и Оргамика Ф, Ж позволило сохранить урожай на сорте Рубеж на уровне 3,3 % и 3,1 % (соответственно) и на сорте Юрий – 9,9 % после использования препарата Стернифаг, СП. После обработки семян препаратом Оргамика Ф, Ж на сорте Юрий не было выявлено отличий с контрольным вариантом. Химический эталон (Скарлет, МЭ) показал высокие результаты, обеспечив сохранный урожай на уровне 11,8 % на сорте Рубеж и 15,0 % на сорте Юрий. Биопрепараты на основе грибов рода *Trichoderma* и их метаболитов демонстрируют потенциал для повышения урожайности озимого ячменя, приближаясь по эффективности к химическим фунгицидам.

Ключевые слова: *Trichoderma*, биопрепарат, биозащита, озимый ячмень, урожайность

Summary. Biological methods of plant protection based on the use of biologics are gaining popularity due to their effectiveness, selectivity and safety. They contribute to improved soil fertility and agrocenosis resistance. Fungi of the genus *Trichoderma*, having growth-stimulating and fungicidal properties, are promising agents for biological protection. The aim of the study is to investigate the impact of *Trichoderma*-based biologics on winter barley yields. The study was conducted on the field site of the Federal State Budgetary Scientific Institution «Federal Research Center of Biological Plant Protection» on barley varieties Yuri and Rubezh using biologics (Geostim Fit, L; Sternifag, WP; Trichocin, WP; Orgamics F, L) and the chemical fungicide Scarlet, ME (reference). Control – water treatment. Seeds were treated before sowing. As a result of the experiment, the maximum yield was observed in the variants using the drugs Geostim Fit, A and Trichocin, WP, they showed the greatest increase in yield. For the Rubezh variety with Geostim Fit, L, the increase was 14.6 %, for the Yuri variety with Trichotsin, WP - 11.2 %. Sternifag, WP and Orgamika F, L showed a moderate yield increase in the Rubezh variety (3.3 % and 3.1 %, respectively) and in the Yuri variety (9.9 % for Sternifag, WP). Orgamika F, L on the variety Yuri

did not provide an increase in the harvest. The chemical standard (Scarlet, ME) showed high results, providing an increase in yield of 11.8 % for the Rubezh variety and 15.0 % for the Yuri variety. *Trichoderma*-based biologics, specifically Geostim Fit, L and Trichocin, WP, demonstrate the potential to increase winter barley yields by approaching chemical fungicides in efficiency.

Key words: *Trichoderma*, biologics, biodefense, winter barley, yield

Введение. Ячмень – это универсальная зерновая культура, широко распространенная по всему миру и используемая в трех основных направлениях: пищевом, кормовом и пивоваренном. По своей глобальной значимости он занимает четвертое место среди всех зерновых [1]. В Российской Федерации ячмень является второй по величине посевной культурой после пшеницы, что говорит о его существенном вкладе в народное хозяйство. Общая площадь в 2024 году, отведенная под ячмень, составляет около 7 млн га, с основной концентрацией посевов в Южном и Северо-Кавказском федеральных округах, где эта площадь достигает 400 тысяч га [2]. Урожай и качество зерна подвержены значительному риску из-за болезней, вредителей, засухи, деградации и загрязнения почвы пестицидами [3, 4]. Однако, применение биопрепаратов может стать эффективным решением. Эти препараты, действуя как активаторы естественной защиты растений и стимуляторы роста, улучшают корневую систему, ускоряют рост побегов и способствуют лучшему цветению и плодоношению. Благодаря этому, они обеспечивают стабильные урожаи даже в условиях непредсказуемой погоды. Внедрение биологических методов в сельское хозяйство оправдано их способностью насыщать почву полезными микробами, снижать количество вредных патогенов.

Широкое применение методов биологизации в сельском хозяйстве способствует не только улучшению экологической ситуации в агроландшафтах, но и увеличению плодородия почв и урожайности сельскохозяйственных культур, что в свою очередь повышает экономическую эффективность растениеводства [5].

Многочисленные виды грибов рода *Trichoderma* играют важную роль в природных экосистемах. Они способны стимулировать рост растений, повышать эффективность использования питательных веществ, защищать их от патогенных грибов и бактерий, укреплять устойчивость растений. Колонизация грибов рода *Trichoderma* spp. на корнях растений приводит к увеличению биомассы растений за счет эффективного использования N, P, K и микроэлементов [6]. Согласно данным литературы, имеются веские основания и экспериментальные доказательства того, что применение грибов *Trichoderma* spp. увеличивает усвоение питательных веществ растения. Более того, грибы рода *Trichoderma* могут улучшить питание растений железом и обеспечить долгосрочный контроль дефицита Fe в карбонатных почвах [7]. Таким образом, представители грибов рода *Trichoderma* spp. могут использоваться в качестве биоинокулянтов для роста и развития растений, что позволит внедрить экологически безопасные и устойчивые методы ведения сельского хозяйства [8, 9, 10].

Цель исследования – изучить влияние применения биопрепаратов на основе грибов рода *Trichoderma* на хозяйственную эффективность озимого ячменя.

Объекты и методы исследований. Эксперименты выполняли на базе Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр биологической защиты растений» (ФГБНУ ФНЦБЗР) в 2023-2024 гг. Материалы исследования – сорта ячменя озимого Юрий и Рубеж (оригинатор – ФГБНУ «Национальный центр зерна имени П.П. Лукьяненко» (г. Краснодар)), препараты на основе микроорганизмов и продуктов их метаболизма, содержащие наиболее распространенные в мировой практике живые агенты на основе грибов рода *Trichoderma*: Стернифаг, СП

(*Trichoderma harzianum*, штамм ВКМ F-4099D); Трихоцин, СП (*Trichoderma harzianum*); Оргамика Ф, Ж (*Trichoderma asperellum* штамм OPF-19). Также в опыте исследовано действие универсального микробиологического препарата, содержащего полезные микроорганизмы различных групп Геостим Фит, Ж (*Chaetomium globosum*, *Trichoderma viride*, *Bacillus megaterium*, *Azospirillum brasilense*, *Rhizobium leguminosarum*, *Mesorhizobium ciceri*, *Bradyrhizobium japonicum*, *Bacillus subtilis* и их метаболиты). В качестве эталона был выбран фунгицид – Скарлет, МЭ, (имазалил 100 г/л + тебуконазол 60 г/л), включенный в Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. Предусмотрен контроль – обработка семян водой.

Предпосевная обработка семян проводилась суспензиями и жидкими формами препаратов, расход рабочей жидкости – 10 л/т. Сорта высевали на делянках площадью по 6 м² в четырехкратной повторности. Предшественник – чистый пар. Фунгицидные обработки на опытных участках не проводились [11].

Фитоэкспертиза семян проводилась по ГОСТ 12044-93 «Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения зараженности болезнями».

Обсуждение результатов. Фитоэкспертиза семян показала, что на сорте Рубеж патогенной микрофлорой семена, с применением опытных образцов, были заражены в диапазоне от 31,0 % (Геостим Фит, А) до 44,0 % (Стернифаг, СП), инфицирование семян в контроле составило 75,0 %, а в варианте с применением эталона (Скарлет, МЭ) 28,0 %. На сорте Юрий в исследуемых вариантах заражение семян варьировало от 34,0 % (Геостим Фит, А) до 47,0 % (Стернифаг, СП), при инфицировании семян в контроле – 69,0 %. Основными патогенами были грибы рода *Alternaria* sp. (50,0-51,0 %) и *Fusarium* sp. (7,0-9,0 %).

Результаты исследования выявили максимальные показатели урожайности в вариантах опытов с применением препаратов Геостим Фит, Ж и Трихоцин, СП (табл. 1). Сохранённый урожай в опытном варианте на сорте Рубеж с препаратом Геостим Фит, Ж, составила 14,6 % (660,5 г/м²), а на сорте Юрий – 11,2 % (666,8 г/м²), при этом его биологическая эффективность против патогенной микрофлоры семян составила 58,7 и 50,7 % соответственно, в сравнении с контрольными вариантами, на сорте Рубеж урожай составил 576,2 г/м², на сорте Юрий – 599,4 г/м². Заражение семенного материала составило 75 % на сорте Рубеж и 69 % на сорте Юрий.

Результаты исследования выявили максимальные показатели урожайности в вариантах опытов с применением препаратов Геостим Фит, Ж и Трихоцин, СП (табл. 1). Сохранённый урожай в опытном варианте на сорте Рубеж с препаратом Геостим Фит, Ж, составила 14,6 % (660,5 г/м²), а на сорте Юрий – 11,2 % (666,8 г/м²) в сравнении с контрольными вариантами, на сорте Рубеж урожай составил 576,2 г/м², на сорте Юрий – 599,4 г/м².

На сорте Рубеж небольшие показатели сохраненного урожая были выявлены в вариантах опыта с применением биопрепаратов Стернифаг, СП и Оргамика Ф, Ж и составили 3,3 % (595,6 г/м²) и 3,1 % (594,2 г/м²) соответственно. На сорте Юрий был хороший показатель сохраненного урожая в варианте опыта с применением Стернифаг, СП – 9,9 % (659,1 г/м²), а на делянках с использованием биологического препарата Оргамика Ф, Ж показатель составил 580,8 г/м², что меньше контрольного варианта (без обработки) – 599,4 г/м².

Также высокие показатели выявлены при протравливании семенного материала химическим препаратом Скарлет, МЭ, сохраненный урожай составил 11,8 % (644,4 г/м²) на сорте Рубеж и 15,0 % (700,4 г/м²) на сорте Юрий.

Таблица 1 – Хозяйственная эффективность применения предпосевной обработки семян ячменя озимого сортов Рубеж, Юрий биопрепаратами, полевой стационар ФГБНУ ФНЦБЗР, Краснодарский край, 2024 г.

Варианты опыта	Сорт Рубеж			Сорт Юрий		
	масса 1000 семян, г	урожай с 1 м ² , г	сохраненный урожай, %	масса 1000 семян, г	урожай с 1 м ² , г	сохраненный урожай, %
Геостим Фит, Ж	49,8	660,5	14,6	47,1	666,8	11,2
Стернифаг, СП	45,0	595,6	3,3	46,3	659,1	9,9
Трихоцин, СП	47,0	623,1	8,1	49,0	697,5	16,4
Оргамика Ф, Ж	44,8	594,2	3,1	40,8	580,8	-
Скарлет, МЭ (Эталон)	48,0	644,4	11,8	48,9	700,4	15,0
Контроль (без обработки)	43,5	576,2	-	42,1	599,4	-

Вывод. Грибы рода *Trichoderma* в большинстве вариантах опыта положительно влияют на урожайность озимого ячменя, путем активизации роста растений, усиления их защитных механизмов против болезней и повышения эффективности использования почвенных ресурсов. В результате проведенного исследования выявлена разная отзывчивость у сортов на применение биопрепаратов. Установлены высокие показатели сохранённого урожая на сорте Рубеж при протравливании семян препаратом Геостим Фит, Ж – 14,6 % и на сорте Юрий при применении препарата Трихоцин, СП – 16,4 %, в опытном варианте с химическим эталоном Скарлет, МЭ на сорте Рубеж сохраненный урожай составил 11,8 %, на сорте Юрий – 15,0 %.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Кубанского научного фонда в рамках научного проекта № Н-24.1/43.

Литература

1. Коршунов А. П., Митрофанов Э. Л., Владимиров В. П., Гафуров Р. М. Формирование урожая ячменя в зависимости от фона питания и применения гербицидов // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2015. Т. 10. № 4. С. 65–69. DOI: 10.12737/17620.
2. Статистические данные продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных наций. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://faostat3.fao.org/browse/Q/*/E (дата обращения 25.07.2025).
3. Хижняк С.В., Аболенцева П.А., Овсянкина С.В., Халипский А.Н., Литовченко А.Н., Коротченко И.А., Злотникова О.В., Романова О.В. Многомерные статистические методы как инструмент при выборе штаммов-антагонистов для биологической защиты растений от болезней. *Вестник КрасГАУ*. 2024;4 (205): 36-45. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2024-4-36-45>

4. Князева А. П., Мастеров А. С. Влияние биологических препаратов на урожайность ярового ячменя. *Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии*. 2021; 2: 90-93.

5. Сундет Т. Р. Влияние биопрепаратов на здоровье почвы и сельскохозяйственную продукцию. *Почвоведение и агрохимия*. 2023;1: 86-104. https://doi.org/10.51886/1999-740X_2023_1_86

6. Eman A.A., Mohamed I.A., Allah S.F., Shams A.H., Elsokkary I.H. Trichoderma species: An overview of current status and potential applications for sustainable agriculture. *Indian Journal of Agricultural Research*. 2023;57(3): 273-82. <http://dx.doi.org/10.18805/IJARE.AF-751>

7. Santiago, A.D., García-López, A.M., Quintero, J.M., Avilés, M., Delgado, A. Effect of Trichoderma asperellum strain T34 and glucose addition on iron nutrition in cucumber grown on calcareous soils. *Soil Biology and Biochemistry*. 2013;57: 598e605. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2012.06.020>

8. Contreras-Cornejo H.A., Schmoll M., Esquivel-Ayala B.A., González-Esquivel C.E., Rocha-Ramírez V., Larsen J. Mechanisms for plant growth promotion activated by Trichoderma in natural and managed terrestrial ecosystems. *Microbiological research*. 2024 Apr 1;281:127621. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2024.127621>

9. Yao X., Guo H., Zhang K., Zhao M., Ruan J., Chen J. Trichoderma and its role in biological control of plant fungal and nematode disease. *Frontiers in microbiology*. 2023. 3;14:1160551. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1160551>

10. Kumar, G., Maharshi, A., Patel, J., Mukherjee, A., Singh, H. B., & Sarma, B. K. Trichoderma: a potential fungal antagonist to control plant diseases. *SATSA Mukhapatra-Annual Technical Issue*. 2017;21: 206-218.

11. Долженко В. И., Лаптиев А. Б., Голубев А. С. и др. Методические указания по регистрационным испытаниям пестицидов в части биологической эффективности: Общая часть: инструктивно-методическое издание. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2023. 60 с. ISBN 978-5-7367-1785-9.

УДК 634.8.03: 581.1: 581.54

ВЛИЯНИЕ ЗАСУХИ, ВЫСОКОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ И ИХ КОМБИНАЦИИ НА АДАПТАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ ВИНОГРАДА

Сундырева М.А., канд. с.-х. наук,
Луцкий Е.О., младший научный сотрудник,
Баранов М.О., младший научный сотрудник

ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства,
виноградарства, виноделия» (Краснодар)

Реферат. Цель работы – изучить влияния засухи, высокотемпературного стресса и их комбинации на физиолого-биохимические адаптивные реакции винограда. Каждый сорт демонстрировал индивидуальные реакции адаптации. Засуха в целом оказывала незначительное влияние на изменение экспрессии генов и содержание метаболитов, высокотемпературный стресс увеличивал содержание фенольных соединений, а комбинированный стресс приводил к значительному усилению окислительных процессов и снижению экспрессии STS и PAL.

Ключевые слова: виноград, засуха, высокотемпературный стресс, комбинированный стресс, адаптивные реакции

Summary. The aim of the work is to study the effects of drought, high-temperature stress and their combination on the physiological and biochemical adaptive reactions of grapes. Each variety showed individual adaptation reactions. In general, drought had little effect on changes in gene expression and the content of metabolites, high-temperature stress increased the content of phenolic compounds, and combined stress led to a significant increase in oxidative processes and a decrease in the expression of STS and PAL.

Keywords: grapes, drought, high-temperature stress, combined stress, adaptive reactions

Введение. Виноград – многолетняя сельскохозяйственная культура, имеющая большое экономическое значение в мире. Виноградарство сосредоточено в Южном и Северо-Кавказском федеральных округах (97,4 %), характеризующихся субоптимальными температурами зимой, излишне высокой температурой и острым дефицитом осадков в период вегетации, где констатируется тенденция усиления континентальности климата [1]. Большинство возделываемых высококачественных и высокопродуктивных сортов винограда характеризуются сниженной устойчивостью к стресс-факторам, что не позволяет растениям полностью реализовать свой генетический потенциал роста, размножения и плодоношения [2], что определяется различиями между максимальной возможной и реально полученной средней урожайностью [3]. Разница в урожайности связана с развитием у растений потенциально опасных физиологических изменений – стрессов [4]. Каждый стресс вызывает сложную клеточную и молекулярную систему реакций, обеспечивающую выживание, но часто в ущерб росту и продуктивности [5].

Адаптивные реакции растений на стрессовые воздействия включают изменения окислительно-восстановительного баланса, синтез вторичных метаболитов, активацию защитных генов, изменение активности ферментов и т.д. Фенольные соединения играют важную роль в преодолении растениями абиотических и биотических стрессов. В условиях разнообразных абиотических стрессов происходит значимое накопление флавоноидов, лигнина и дубильных веществ, ресвератрола, которые действуют как антиоксиданты. При

поражении патогенами происходит увеличение содержания и трансформация фенольных соединений в микроботоксичные производные [6-8]. Пероксидазы – одни из ключевых ферментов, участвующих в ответе на биотический и абиотический стресс и непосредственно связанных с фенольным обменом. Они обеспечивают полимеризацию лигнина, образование виниферина, генерируют активные формы кислорода (АФК) и участвуют в их детоксикации [9-10]. Избыток АФК может ингибировать пероксидазную активность [11-12].

Фенольный метаболизм занимает особое место в формировании устойчивости растений к внешним воздействиям. Особое значение в определении интенсивности защитной реакции имеет изменение экспрессии ключевых генов – фенилаланин-аммиак-лиазы, стильбенсинтаз, халконсинтаз. Стильбенсинтазы (STS) осуществляют биосинтез стильбенов – фенольных соединений, обладающих множественными биологическими функциями. Наиболее изученным является влияние стильбенов на устойчивость винограда к заражению фитопатогенами [13], однако велика их роль в устойчивости к абиотическим стрессам, обусловленная участием в контроле АФК [14]. Халконсинтазы – семейство ферментов, осуществляющих синтез флавоноидов, которые участвуют в ответных реакциях растений на биотический и абиотический стрессы [15]. Экспрессия генов халконсинтаз снижается при температурном воздействии у яблони [16]. На растениях баклажана было показано, что экспрессия халконсинтаз слабо изменялась при разных интенсивностях стрессового воздействия и оставалась высокой [17].

Продукты окисления липидов в клетках, в частности малоновый диальдегид (МДА), который долгое время считался маркером развития вторичного окислительного стресса в растениях, могут играть положительную роль, активируя регуляторные гены, участвующие в защите растений, и обеспечивая защиту клеток в условиях окислительного стресса. МДА в зависимости от его концентрации в клетках может действовать как защитный механизм, а не быть индикатором повреждения [18].

Происхождение сорта оказывает значимое влияние на восприимчивость к внешним воздействиям. Виды рода *Vitis*, имеющие североамериканское происхождение, характеризуются высокой засухо- и жаростойкостью, а *V. amurensis* чувствителен к высокой температуре [19, 20].

Цель работы – изучение влияния засухи, высокотемпературного стресса и их комбинации на физиолого-биохимические адаптивные реакции винограда.

Материалы и методы. Исследования были проведены на корнесобственных саженцах винограда в горшках сортов Каберне-Совиньон (*V. vinifera* L.), Молдова (межвидового евро-американского происхождения (Гузаль кара × Виллар блан), Кутузовский межвидового евро-американского происхождения (Молдавский × Датье де Сен-Валье), Курчанский (межвидового происхождения (Мускат кубанский × Саперави северный), Морозко (межвидовой евро-американский гибрид (Мицар × Саперави северный)).

Растения выращивали в 4-литровых горшках со смесью коммерческого грунта, торфа и вермикулита в соотношении 2:1:1. Экспериментальные условия создавали в климатической камере ВРС МИР 500 D (AWTech, Россия): фотопериод 16/8 час., относительная влажность воздуха 45-50%, интенсивность света 100 мкмоль×м⁻²×с⁻¹. В контрольном варианте растения находились при температуре воздуха 23 ± 0,5 °С днем и 20 ± 0,5 °С ночью, полив осуществлялся ежедневно объемом воды, равном суточной эвапотранспирации. Условия почвенной засухи создавали путем отсутствия полива растений в течение 3 недель. Высокотемпературный стресс формировали путем изменения температурного режима климатической камеры в течение 2 суток: с 6:00 до 11:00 – +30 °С, с 11:00 до 16:00 – +40 °С, с 16:00 до 20:00 – +30 °С, с 20:00 до 06:00 – +25 °С. Для создания условий комбинированного стресса растения винограда после 3-х недельного воздействия засухи помещали в климатическую камеру с условиями высокотемпературного стресса.

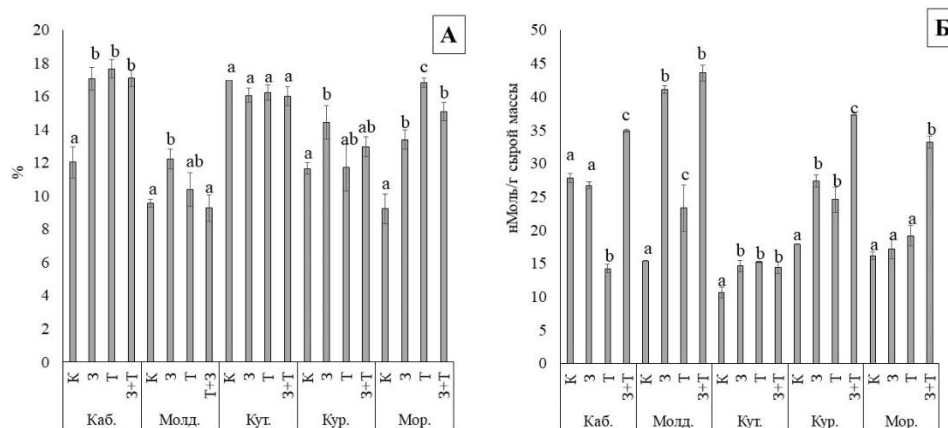
Повреждение тканей растений при стрессовых воздействиях определяли по выходу электролитов (EL) кондуктометрическим методом на кондуктометре Aquasearcher AB33EC (Ohaus, США) [21]. Развитие окислительного стресса оценивали в экстракте растительной ткани 0,5% ТХУК по содержанию ТБК-активных веществ (TBARS) спектрофотометрическим методом [22]. Фенольные соединения и флавоноиды экстрагировали в течение 12 часов при +4°C 96% этанолом. Общее содержание фенольных соединений определяли в экстракте методом Фолина-Чокальтеу [23], а флавоноидов – по интенсивности желтого окрашивания при реакции с хлоридом алюминия [24]. Активность пероксидаз определяли по образованию синего продукта в реакции с бензидином [25]. Экспрессию генов определяли методом количественной ПЦР. Тотальная РНК выделена с помощью модифицированного СТАВ-метода [26]. Синтез кДНК проведен с использованием тотальной РНК, коммерческого набора MMLV RT kit (Евроген, Россия) согласно рекомендациям производителя. ПЦР «в реальном времени» проведена с коммерческим набором qPCRmix-HS SYBR (Евроген, Россия), согласно рекомендациям производителя, на амплификаторе Gentier 96E (Tianlong, Шанхай, Китай). Последовательности праймеров генов, использованных в работе, следующие: Фактор элонгации α (EF α) GAA CTG GGT GCT TGA TAG GC, ACC AAA ATA TCC GGA GTA AAA GA; Стильбенсинтаза (STS) ATC GAA GAT CAC CCA CCT TG, CTT AGC GGT TCG AAG GAC AG; Халконсинтаза (CHS) GTT CTG GTC GTC TGC TCT G, CCA GTC GCT GAT GCC TATC; Фенилаланин-аммиаклиаза (PAL) TGA ACA ATG GCG AAA GTG AGA A, TCT CTT GCG CTC TCA ACC TCT T. Расчет относительной экспрессии генов проводили по методу $2^{-\Delta\Delta C_t}$ [27], референсный ген – фактор элонгации α .

Все измерения проведены в 3–5 повторях, в 1 повторе 3 растения. Данные представлены как среднее $\pm$ стандартная ошибка. Тест Дункана (Duncan's Multiple Range Test) был проведен для оценки достоверности различий между вариантами эксперимента при уровне значимости ниже 0,05. На рисунках достоверные различия представлены в виде строчных латинских букв.

Результаты исследований. Восприимчивость сортов винограда к воздействию стрессоров определяли по уровню повреждения клеток листьев на основе выхода электролитов (EL) и степени перекисного окисления липидов на основе содержания ТБК-активных соединений (TBARS). Для сорта Каберне-Совиньон был характерен выраженный рост EL при всех типах воздействия, при этом разница между ними отсутствовала. Листья сортов Молдова и Курчанский повреждались засухой, в то время как воздействие температуры не оказывало выраженного эффекта, что может быть обусловлено происхождением данных сортов от *V. vinifera* и видов рода *Vitis*, имеющих североамериканское происхождение. Сорт Морозко больше повреждался высокой температурой, чем засухой, что может быть связано с присутствием *V. amurensis* в родословной сорта. EL в листьях сортов Молдова, Курчанский и Морозко был ниже при комбинированном действии засухи и высокой температуры, чем при действии наиболее повреждающего стрессора (рис. 1А).

Засуха не влияла на содержание TBARS у сортов Каберне-Совиньон и Морозко, при этом наблюдался рост общего содержания фенольных соединений и небольшие изменения пероксидазной активности. Засуха провоцировала рост окислительных процессов без изменений пероксидазной активности и увеличении содержания флавоноидов у Молдовы и Курчанского. Повышение TBARS, активности пероксидаз и отсутствие изменений в содержании фенольных соединений у сорта Кутузовский было обнаружено в условиях засухи (рис. 1Б, табл. 2).

При высокотемпературном воздействии содержание TBARS было ниже либо равно таковому у винограда на фоне засухи, при этом пероксидазная активность снижалась, а общее содержание фенольных соединений росло (рис. 1Б, табл. 2).



Примечание: латинскими буквами обозначены значимые статистические различия между вариантами стрессоров по отдельному сорту при $p=0,05$.

Рис. 1. Выход электролитов (А) и содержание TBARS (Б) в листьях винограда.

При комбинированном стрессе наблюдалось выраженное увеличение содержания TBARS, что свидетельствует о значительной генерации АФК. У сортов Каберне-Совиньон и Молдова это было согласовано со снижением пероксидазной активности, которое может быть обусловлено ингибированием фермента избытком H_2O_2 и превышением способности растения к адаптации. При значительном снижении пероксидазной активности у сорта Кутузовский, резкого роста содержания TBARS не наблюдалось, что может быть обусловлено накоплением флавоноидов, выступающих как неферментные антиоксиданты. У сорта Курчанский увеличение TBARS при комбинированном стрессе не сопровождалось значительными изменениями элементов антиоксидантной системы. Окислительные процессы в листьях сорта Морозко сопровождалось незначительным снижением пероксидазной активности относительно контроля и увеличением содержания флавоноидов (рис. 1Б, табл. 2).

Таблица 2 – Содержание фенольных соединений и пероксидазная активность в листьях винограда

Сорт	Вариант	Содержание флавоноидов, мкг/г сырой массы	Общее содержание фенольных соединений, мг/г сырой массы	Пероксидазная активность, е.а./мг белка
1	2	3	4	5
Каберне-Совиньон	К	255,57±1,54	8,79±1,53	45,82±4,46
	3	240,27±0,00	14,27±0,36	49,62±1,81
	Т	293,89±13,94	15,44±0,62	32,14±3,57
	3+Т	333,42±2,39	16,26±0,77	18,65±2,11
Молдова	К	378,10±16,26	20,20±2,48	56,46±5,09
	3	588,77±11,67	31,79±3,82	62,03±2,88
	Т	549,95±43,15	31,77±1,99	46,5±1,5
	3+Т	374,78±2,89	29,02±2,15	10,06±0,34
Кутузовский	К	242,42±12,08	21,07±0,07	62,10±1,16
	3	248,84±17,44	18,07±0,47	75,25±2,79
	Т	301,42±0,00	27,26±1,59	48,79±4,19
	3+Т	488,37±27,62	18,44±0,20	12,02±0,05
Курчанский	К	383,74±10,40	17,2±0,83	16,60±0,44
	3	439,12±24,62	14,21±2,07	14,38±0,07

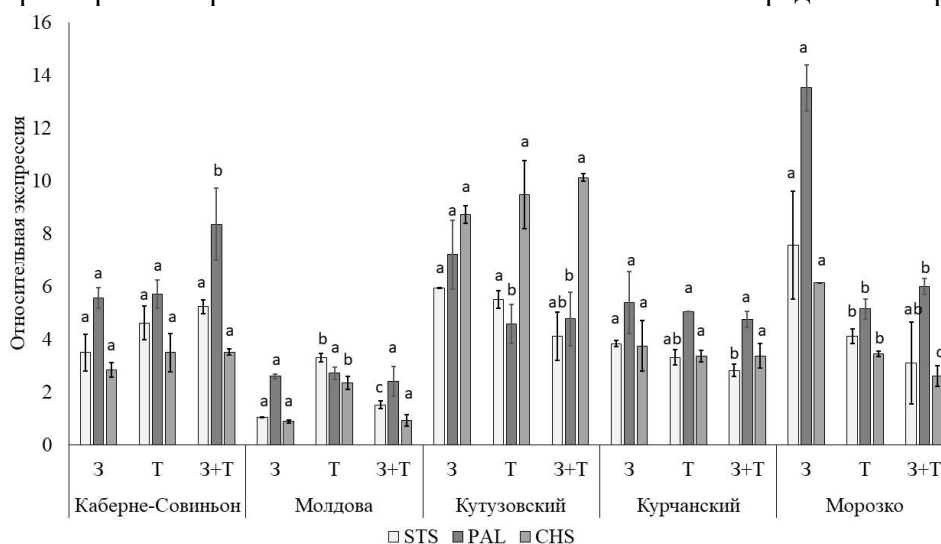
Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5
Морозко	T	452,58±29,01	20,19±1,98	15,25±0,17
	З+T	387,21±28,81	14,21±0,57	12,73±0,24
	K	485,64±21,66	19,78±1,38	34,26±0,47
	З	716,77±19,10	29,02±0,91	26,01±0,81
	T	552,73±24,08	34,25±1,34	11,96±0,09
	З+T	770,93±16,28	29,19±0,63	31,16±1,21

Примечание: К – контроль, З – засуха, T – высокотемпературный стресс,
З+T – комбинированный стресс.

Более высокое содержание TBARS в тканях винограда при комбинированном сопровождалось снижением выхода электролитов. Такой результат отражает описанные ранее тезисы о регуляторной функции продуктов окисления липидов мембран, к которым относится малоновый диальдегид (МДА) (одна из форм TBARS).

Гены, участвующие в фенольном метаболизме, значительно индуцировались всеми типами стрессового воздействия. У сортов Морозко и Кутузовский наибольший эффект на экспрессию гена фенилаланин-аммиак-лиазы (PAL) оказала засуха, у Каберне-Совиньон – комбинированный стресс. Различия в уровне экспрессии STS между разными типами стрессов у сортов межвидового происхождения, а у сорта Каберне-Совиньон уровень экспрессии STS был одинаковым при разных типах воздействия. В целом наибольший уровень экспрессии стилибенсинтаз наблюдался при воздействии засухи и снижался при температурном и комбинированном стрессе. Наши исследования показали, что экспрессия CHS у винограда мало изменялась между вариантами стрессового воздействия, за исключением сорта Морозко, когда при засухе экспрессия гена была наибольшей и снижалась под воздействием температуры и комбинированного стресса. Следует отметить, что для сорта Кутузовский, характеризовавшегося минимальным повреждением тканей при воздействии стрессоров экспрессия халконсинтаз была наибольшей среди всех сортов.



Примечание: З – засуха, T – температурный стресс, З+T – комбинированное действие засухи и температурного стресса. Латинскими буквами обозначены значимые статистические различия между экспрессией генов по вариантам стрессового воздействия по каждому сорту при $p=0,05$.

Рис. 2. Относительная экспрессия генов фенольного метаболизма в условиях засухи, высокотемпературного стресса и их комбинации

Содержание фенольных соединений и флавоноидов не было согласовано с экспрессией генов PAL и CHS, что может объясняться временем отбора проб для проведения исследований и более ранним изменением экспрессии генов, обеспечившим содержание флавоноидов и фенольных соединений в данный временной период.

Заключение. Засуха в целом слабо воздействовала на пероксидазную активность, положительно изменяя содержание TBARS, флавоноидов, экспрессию стилибенсинтаз и фенилаланин-аммиак-лиазы. Высокотемпературный стресс оказывал ингибирующее действие на пероксидазы, общее содержание фенольных соединений росло, а содержание TBARS снижалось. Комбинированный стресс приводил к значительному усилению окислительных процессов, ингибировал пероксидазную активность, за исключением сорта Морозко, и оказывал различное воздействие на содержание фенольных соединений, экспрессия STS и PAL была ниже, чем при других типах воздействия. Степень повреждения тканей у сортов винограда не связана с описанными биохимическими изменениями в листьях, однако у винограда выражены процессы контроля АФК, которые были связаны с образованием фенольных соединений в условиях отдельных стрессов. При комбинированном стрессе увеличение окислительных процессов и ограничение функционирования антиоксидантной системы может быть адаптивной реакцией, повышающей стабильность клеток и тканей при интенсивном стрессовом воздействии.

Литература

1. Петров В. С., Алейникова Г. Ю., Новикова Л. Ю., Наумова Л. Г., Лукьянова А. А. Влияние изменений климата на фенологию винограда // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2019. № 57(3). С. 29–50. <https://doi.org/10.30679/2219-5335-2019-3-57-29-50>.
2. Rockstrom J, Falkenmark M. Semiarid crop production from a hydrological perspective: gap between potential and actual yields // Critical Reviews in Plant Sciences. 2000. Vol. 1. P. 319-346. <https://doi.org/10.1080/07352680091139259>
3. Петров В. С., Ненько Н. И., Ильина И. А., Ильницкая Е. Т., Сундырева М. А., Якуба Ю. Ф. Адаптивный и продукционный потенциал генофонда винограда в нестабильных условиях умеренно континентального климата юга России // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2017. № 4. С. 25-29.
4. Shao H.B., Chu L.Y., Jaleel C.A., Zhao C.X. Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants // Comptes Rendus Biologies. 2008. Vol. 331. P. 215-225. <https://doi.org/10.1016/j.crv.2008.01.002>
5. Herms D.A., Mattson W.J. The dilemma of plants—to grow or defend // Quarterly Review of Biology. 1992. Vol. 67. P. 283-335.
6. Griesser M., Weingart G., Schoedl-Hummel K., Neumann N., Becker M., Varmuza K., Forneck A. Severe drought stress is affecting selected primary metabolites, polyphenols, and volatile metabolites in grapevine leaves (*Vitis vinifera* cv. Pinot noir) // Plant Physiology and Biochemistry. 2015. Vol. 88. P. 17–26. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2015.01.004>
7. Pratyusha S. Phenolic compounds in the plant development and defense: an overview // Physiology. 2022. <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.102873>
8. Semmar N. Temperature-linked constraints and plant protection responses. in: secondary metabolites in plant stress adaptation // Signaling and Communication in Plants. Springer, Cham. 2024. https://doi.org/10.1007/978-3-031-52595-7_7
9. Li S., Zheng H., Sui N., Zhang F. Class III peroxidase: An essential enzyme for enhancing plant physiological and developmental process by maintaining the ROS level: A review // International Journal of Biological Macromolecules. 2024. Vol. 283(3). 137331. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.137331>
10. Marant B., Crouzet J., Flourat A.L., Jeandet P., Aziz A., Courot E. Key-enzymes involved in the biosynthesis of resveratrol-based stilbenes in *Vitis* spp.: a review // Phytochem Rev. 2024. <https://doi.org/10.1007/s11101-024-09958-4>

11. Ozden M., Demirel U., Kahraman A. Effects of proline on antioxidant system in leaves of grapevine (*Vitis vinifera* L.) exposed to oxidative stress by H₂O₂ // *Scientia Horticulturae*. 2009, Vol. 19(2). P. 163-168. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2008.07.031>
12. Gill S., Tuteja N. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants // *Plant Physiology and Biochemistry*. 2010. Vol. 48(12). P. 909-930. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2010.08.016>
13. Ciaffi M., Paolacci A.R., Paolucci M. et al. Transcriptional regulation of stilbene synthases in grapevine germplasm differentially susceptible to downy mildew // *BMC Plant Biol*. 2019. № 19. P. 404. <https://doi.org/10.1186/s12870-019-2014-5>
14. Hanzouli F., Daldoul S., Zemni H., Boubakri H., Vincenzi S., Mliki A., Gargouri M. Stilbene production as part of drought adaptation mechanisms in cultivated grapevine (*Vitis vinifera* L.) roots modulates antioxidant status // *Plant biology*. 2024. <https://doi.org/10.1111/plb.13738>
15. Ahmad S., Ali S., Shah A., Khan A., Faria S. Chalcone synthase (CHS) family genes regulate the growth and response of cucumber (*Cucumis sativus* L.) to *Botrytis cinerea* and abiotic stresses // *Plant Stress*. 2023. Vol. 8. 100159. <https://doi.org/10.1016/j.stress.2023.100159>
16. Lin-Wang K., Micheletti D., Palmer J., Volz R., Lozano L., Espley R., Hellens R.P., Chagne D., Rowan D.D., Troglio M., Iglesias I., Allan A.C. High temperature reduces apple fruit colour via modulation of the anthocyanin regulatory complex // *Plant Cell Environ.*, 2011. Vol. 34 (7). P. 1176-1190. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2011.02316.x>
17. Zhang S., Zhang A., Wu X. Transcriptome analysis revealed expression of genes related to anthocyanin biosynthesis in eggplant (*Solanum melongena* L.) under high-temperature stress // *BMC Plant Biol*. 2019. Vol. 19. 387. <https://doi.org/10.1186/s12870-019-1960-2>
18. Morales M., Munné-Bosch S. Malondialdehyde: facts and artifacts // *Plant Physiology*. 2019. Vol. 180(3). P. 1246–1250. <https://doi.org/10.1104/pp.19.00405>
19. Atak A. *Vitis* species for stress tolerance/resistance // *Genet Resour Crop Evol*, 2024. <https://doi.org/10.1007/s10722-024-02106-z>
20. Xu H., Liu G., Liu G., Yan B., Duan W., Wang L., Li S. Comparison of investigation methods of heat injury in grapevine (*Vitis*) and assessment to heat tolerance in different cultivars and species // *BMC Plant Biol*. 2014. Vol. 14. 156. <https://doi.org/10.1186/1471-2229-14-156>
21. Jambunathan N. Determination and detection of reactive oxygen species (ROS), lipid peroxidation, and electrolyte leakage in plants // *Plant stress tolerance* / Sunkar R. (eds). *Methods in Molecular Biology*. Humana Press. 2010. 639. https://doi.org/10.1007/978-1-60761-702-0_18
22. Hodges D. M., DeLong J. M., Forney C. F., Prange R. K. Improving the thiobarbituric acid-reactive-substances assay for estimating lipid peroxidation in plant tissues containing anthocyanin and other interfering compounds // *Planta*. 1999. Vol. 207. P. 604-611. <https://doi.org/10.1007/s004250050524>
23. Folin O., Ciocalteu V. On tyrosine and tryptophane determinations in proteins // *J. biol. Chem*. 1927. Vol. 73(2). P. 627-650.
24. Shraim A. M., Ahmed T. A., Rahman M., Hijji Y. M. Determination of total flavonoid content by aluminum chloride assay: A critical evaluation // *Lwt*. 2021. Vol. 150. 111932. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111932>
25. Klisurska D., Dencheva A. Substrate specificity of peroxidase isoenzymes for hydrogen donors // *Biologia Plantarum (Praha)*. 1980. Vol. 22 (6). P. 404-409
26. Сундырева М. А., Луцкий Е. О. Выделение и очистка тотальной РНК с помощью модифицированного метода СТАВ/LiCl из тканей винограда и садовых культур // *Современные инструментальные и полевые методы исследований плодовых культур и винограда, продуктов их переработки* / под ред. Егорова Е.А. Краснодар: Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия, 2024. С. 23-31.
27. Schmittgen T., Livak K. Analyzing real-time PCR data by the comparative C(T) method // *Nat. Protocols*. 2008, Vol. 3(6). P. 1101-1108. <https://doi.org/10.1038/nprot.2008.73>

УДК 632.3.01/.08

**МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ ВОЗБУДИТЕЛЯ РЖАВО-БУРОЙ
БАКТЕРИАЛЬНОЙ ПЯТНИСТОСТИ СОИ
CURTObACTERIUM FLACCUMFACIENS PV. *FLACCUMFACIENS***

**Воробьев К.М., аспирант,
Джалилов Ф.С.-У., д-р биол. наук, профессор**

*ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет –
МСХА имени К.А. Тимирязева» (Москва)*

Реферат. Ржаво-бурая бактериальная пятнистость сои, возбудителем которой является *Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens* (Cff), представляет серьезную угрозу для производства зернобобовых культур. Патоген передается семенами и способен эпифитно существовать в агроценозах на других растениях. В статье приведён обзор методов диагностики Cff, включающий классические культуральные, серологические и молекулярные методы, а также современные подходы с высоким разрешением (MLSA, WGS). Особое внимание уделено дифференциальной диагностике с другими возбудителями бактериальных болезней сои и предложен практический алгоритм лабораторной и полевой диагностики. Диагностика данного патогена имеет критическое значение не только для внутреннего контроля в агроценозах, но и для международной торговли семенами, так как наличие Cff в партиях семян ограничивает экспорт и влияет на программы селекции устойчивых сортов.

Ключевые слова: соя, бактериальные болезни, *Curtobacterium flaccumfaciens*, диагностика, ПЦР, LAMP, фитопатология.

Summary. Rusty-brown bacterial spotting of soybeans, the causative agent of which is *Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens* (Cff), poses a serious threat to the production of legumes. The pathogen is transmitted by seeds and is able to exist epiphytically in agroecosystems on other plants. The article provides an overview of Cff diagnostic methods, including classical culture, serological and molecular methods, as well as modern high-resolution approaches (MLSA, WGS). Special attention is paid to differential diagnosis with other pathogens of bacterial diseases of soybeans and a practical algorithm for laboratory and field diagnostics is proposed. Diagnosis of this pathogen is of critical importance not only for internal control in agroecosystems, but also for international seed trade, since the presence of Cff in seed batches restricts exports and affects breeding programs for resistant varieties.

Key words: soybean, bacterial diseases, *Curtobacterium flaccumfaciens*, diagnostics, PCR, LAMP, phytopathology.

Введение. *Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens* (далее – Cff) является возбудителем ржаво-бурой бактериальной пятнистости сои и бактериального увядания сои, фасоли и других зернобобовых культур. Высокая экономическая значимость данного патогена определяется тем, что он может передаваться семенами на новые территории и сохраняться в почве долгие годы [1-2]. Заражённые семена служат основным источником инфекции, что приводит к распространению болезни и повторным вспышкам в регионах, ранее свободных от патогена [3-4]. Эффективная и надёжная диагностика Cff является ключевым инструментом в обеспечении фитосанитарной безопасности и сохранении урожая сои и других зернобобовых культур. В ряде стран отмечены серьёзные экономические потери, связанные с потерей урожайности и ухудшением качества

семенного материала [3]. В условиях глобализации аграрных рынков и расширения товарооборота семян возрастает риск заноса Cff в новые регионы. Поэтому разработка и применение надёжных методов диагностики является важнейшей задачей современной фитопатологии [1, 5].

Симптоматика и эпидемиология. На сое заболевание проявляется в виде межжилкового хлороза, формированием угловатых пятен, которые приобретают ржаво-бурый оттенок и переходят в некроз (рис. 1) [5]. При сильном поражении отмечается сосудистое поражение, увядание и гибель растений. Латентная инфекция в семенах приводит к тому, что визуальный контроль становится недостаточным [6]. Источником инфекции служат семена, растительные остатки и почва, где бактерия может сохраняться длительное время. Дополнительно отмечают изменения окраски сосудов на продольных срезах стебля, что позволяет отличить Cff от грибных патогенов. Симптомы варьируют в зависимости от фазы развития растений: на ранних стадиях преобладает межжилковый хлороз, на более поздних – выраженное увядание и растрескивание стеблей. Такая изменчивость симптоматики усложняет полевую диагностику и требует лабораторного подтверждения.

Классические методы диагностики. Классический протокол диагностики Cff основан на выделении возбудителя на селективных и неселективных питательных средах. Наиболее часто применяется среда CFFSM, на которой формируются характерные колонии жёлто-оранжевого цвета [1]. Биохимические тесты (каталазная реакция, окрашивание по Граму, отсутствие восстановления нитратов) позволяют подтвердить предварительную идентификацию. Ограничением культуральных методов является длительность инкубации и риск ложно-положительных результатов из-за сопутствующей микрофлоры и трудностей при выделении чистой культуры. Для повышения точности часто используют сочетание нескольких биохимических реакций с оценкой морфологии колоний. Однако высокая вариабельность культурных свойств Cff может приводить к диагностическим ошибкам. Кроме того, присутствие сопутствующих микроорганизмов в образцах семян или почвы существенно затрудняет выделение чистых культур.



Рис. 1. Симптомы ржаво-бурой бактериальной пятнистости и увядания сои в полевых условиях (источник: <https://www.invasive.org/>)

Серологические методы. Серологические методы, включая иммунофлуоресценцию и иммуноферментный анализ (ИФА), широко применяются для массового скрининга партий семян [3]. Их преимуществом является оперативность, однако специфичность ограничена, поэтому положительные результаты требуют подтверждения молекулярными методами или выделением культуры. В последние годы разработаны коммерческие наборы для ИФА, которые позволяют тестировать крупные партии семян в режиме high-throughput. Несмотря на это, из-за возможной перекрёстной реакции с другими бактериями серологические методы рекомендуется применять в качестве первичного скрининга, с последующим подтверждением результатами молекулярных тестов.

Молекулярные методы. Полимеразная цепная реакция (ПЦР) является современным стандартом диагностики Cff. Система праймеров CffFOR2/CffREV4 позволяет надёжно выявлять возбудителя в семенном материале даже при очень низкой концентрации инокулюма [5]. Также разработаны мультиплексные варианты ПЦР для одновременного выявления нескольких возбудителей бактериальных болезней сои, например Cff и возбудителя бактериального ожога сои *Pseudomonas savastanoi* pv. *glycinea* [5]. Перспективным направлением является изотермическая амплификация (LAMP), которая обеспечивает высокую чувствительность и оперативность (30–60 минут) [3]. Основным преимуществом ПЦР является высокая специфичность, однако существует риск ингибирования реакции за счёт примесей, содержащихся в семенном материале. Поэтому разработаны протоколы предварительной очистки ДНК. LAMP-методики, в свою очередь, успешно используются в полевых условиях, так как не требуют сложного оборудования и дают результат в течение одного часа.

Методы секвенирования высокого разрешения. Так, использование WGS позволило выявить геномные острова и плазмиды, ассоциированные с патогенностью Cff [7]. MLSA применяется для построения филогенетических деревьев и выявления географически изолированных популяций [8]. Эти данные важны для эпидемиологического мониторинга и разработки программ селекции устойчивых сортов сои. Филогенетические методы, такие как мультилокусное секвенирование генома (MLSA) и полногеномное секвенирование (WGS), позволяют уточнять таксономическое положение возбудителя и проследивать пути его распространения, эволюцию [7-8]. Эти методы открывают новые возможности для создания специфических маркёров, однако их применение пока ограничено научными исследованиями.

Дифференциальная диагностика и практические алгоритмы. Дифференциальная диагностика Cff необходима в связи с наличием схожих симптомов при других бактериальных болезнях сои, в частности при поражении *Pseudomonas savastanoi* pv. *glycinea* и *Xanthomonas citri* pv. *glycines* [6, 9]. Наиболее надёжным подходом является использование мультиплексной количественной ПЦР в реальном времени, позволяющей одновременно выявлять несколько возбудителей. Для анализа семенного материала рекомендуется использовать комплексный подход, состоящий из экстракции суспензии из партии семян, посева на селективные среды, отбора подозрительных колоний и подтверждения методом ПЦР [10]. В условиях полевых обследований целесообразно применение LAMP-тестов, которые позволяют быстро принять решение о фитосанитарных мерах. Все положительные результаты должны подтверждаться лабораторными методами. Практический алгоритм должен включать: I) визуальную оценку симптомов; II) выделение возбудителя на селективных средах; III) подтверждение методом ПЦР; IV) применение LAMP для экспресс-анализа на месте. Такая многоступенчатая система повышает надёжность диагностики и снижает риск ложно-положительных результатов [5, 10]

Вывод. Диагностика возбудителя ржаво-бурой бактериальной пятнистости сои требует комплексного подхода, сочетающего классические, серологические и молекулярные методы. Наиболее надёжные результаты достигаются при комбинации

культуральных исследований с ПЦР-анализом. Экспресс-методы, такие как LAMP и мультиплексная qPCR, обладают высоким потенциалом для оперативного контроля партий семян и выявления патогена в полевых условиях. Будущее развитие диагностики связано с интеграцией молекулярно-генетических технологий высокого разрешения, что позволит повысить точность и сократить время проведения анализа [1, 5].

Литература

1. Osdaghi E., et al. Bacterial wilt of dry beans caused by *Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens*: a new threat from an old enemy // *Molecular Plant Pathology*. – 2020. – Vol. 21. – № 5. – С. 605–621. DOI 10.1111/mpp.12926.
2. EPPO. *Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens* (datasheet). Paris: EPPO, 2021. URL: <https://gd.eppo.int/taxon/CORBFL/datasheet> (дата обращения: 05.09.2025).
3. Tegli S., Sereni A., Surico G. PCR-based assay for the detection of *Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens* in bean seeds // *Letters in Applied Microbiology*. – 2002. – Vol. 35. – № 4. – P. 331–337. DOI:10.1046/j.1472-765X.2002.01187x.
4. Тараканов Р. И. Оценка устойчивости сортов сои к бактериальным болезням на искусственном инфекционном фоне // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. – 2022. – № 5. – С. 92–107. DOI 10.26897/0021-342X-2022-5-92-107.
5. Tarakanov R., Ignatov A., Evseev P., Chebanenko S., Ignatyeva I., Miroshnikov K., Dzhililov F. Development of a multiplex real-time PCR method for the detection of *Pseudomonas savastanoi* pv. *glycinea* and *Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens* in soybean seeds // *Brazilian Journal of Biology*. – 2023. – Vol. 30. – I. 83. – P. e275505. DOI 10.1590/1519-6984.275505.
6. Tarakanov R.I., Ignatov A.N., Dzhililov F.S.U. Genetic and phenotypical diversity of *Pseudomonas syringae* population in the Russian Federation // *Brazilian Journal of Biology*. – 2024. – Vol. 84. DOI 10.1590/1519-6984.264224.
7. Evseev P., Lukianova A., Tarakanov R., Tokmakova A., Popova A., Kulikov E., Shneider M., Ignatov A., Miroshnikov K. Prophage-Derived Regions in *Curtobacterium* Genomes: Good Things, Small Packages // *International Journal of Molecular Sciences*. – 2023. – V. 13. – I. 24(2). – P. 1586. DOI 10.3390/ijms24021586.
8. Pilik R., Tesic S., Ignatov A.N., Tarakanov R.I., Dorofeeva L.V., Lukyanova A.A., Evseev P.V., Dzhililov F.S.U., Miroshnikov K.A. First Report of *Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens* Causing Bacterial Wilt and Blight on Sunflower in Russia // *Plant Disease*. – 2023. – Vol. 107. – No. 5. DOI 10.1094/PDIS-05-22-1203-PDN.
9. Tegli S., Biancalani C., Ignatov A. N., et.al. A Powerful LAMP Weapon against the Threat of the Quarantine Plant Pathogen *Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens* // *Microorganisms*. – 2020. – Vol. 8. – № 11. – P. 1705. DOI 10.3390/microorganisms8111705.
10. Maringoni A. C., Camara R. C., Souza V. L. Semi-selective culture medium for *Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens* isolation from bean seeds // *Seed Science and Technology*. – 2006. – Vol. 34. – P. 117–124.

УДК 632.937.12:635.9

РАЗРАБОТКА И ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ БИОПРЕПАРАТА НА ОСНОВЕ ЭФИРНЫХ МАСЕЛ ПРОТИВ ЗЕМЛЯНИЧНОГО КЛЕЩА (*TARSONEMUS PALLIDUS* BANKS) НА ДЕКОРАТИВНЫХ РАСТЕНИЯХ

Хохлова О.И., аспирант,
Шевчук О.М., д-р биол. наук

ФГБУН «Ордена Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад –
Национальный научный центр РАН» (Ялта)

Реферат. В статье представлены оценки эффективности разработанного авторами биопрепарата на основе композиции эфирных масел против земляничного клеща (*Tarsonemus pallidus* Banks) вредителя декоративных растений, выращиваемых в условиях закрытого грунта. Выявлена высокая акарицидная активность *in vitro* эфирного масла корицы (*Cinnamomum zeylanicum*), гвоздики (*Syzygium aromaticum*) и чабреца (*Thymus vulgaris*). На их основе была разработана эмульсионная композиция с добавлением эмульгатора Твин-80. Лабораторные испытания на сенполиях (*Saintpaulia ionantha*) и пеларгониях (*Pelargonium zonale*) показали, что двукратная обработка 1,5 % рабочим раствором препарата приводит к гибели 92-95 % подвижных особей клеща на 7-е сутки после последней обработки и значительному подавлению яйцекладки (овицидный эффект 88 %). Препарат показал селективность действия и не вызвал фитотоксичности на тестовых растениях. Результаты исследования свидетельствуют о перспективности применения разработанного биопрепарата в системе интегрированной защиты декоративных растений.

Ключевые слова: земляничный клещ, *Tarsonemus pallidus*, биопрепарат, эфирное масло, акарицидная активность, декоративные культуры, фитотоксичность

Summary. The article presents estimates of the effectiveness of a biopreparation developed by the authors based on a composition of essential oils against the strawberry mite (*Tarsonemus pallidus* Banks) pest of ornamental plants grown indoors. High acaricidal activity *in vitro* of cinnamon essential oil (*Cinnamomum zeylanicum*), cloves (*Syzygium aromaticum*) and thyme (*Thymus vulgaris*) was revealed. Based on them, an emulsion composition was developed with the addition of Twin-80 emulsifier. Laboratory tests on Saintpaulia (*Saintpaulia ionantha*) and pelargonium (*Pelargonium zonale*) showed that double treatment with a 1.5% working solution of the drug leads to the death of 92-95% of mobile tick individuals on the 7th day after the last treatment and significant suppression of oviposition (ovicidal effect 88%). The drug showed selectivity of action and did not cause phytotoxicity on the test plants. The results of the study indicate the prospects of using the developed biological product in the integrated protection of ornamental plants.

Keywords: strawberry mite, *Tarsonemus pallidus*, biological product, essential oil, acaricidal activity, ornamental crops, phytotoxicity

Введение. Земляничный клещ (*Tarsonemus pallidus* Banks) является одним из наиболее опасных полифагов защищённого грунта, повреждающих широкий спектр декоративных культур, таких как сенполии, пеларгонии, бегонии, цикламены [1]. Микроскопические размеры и скрытый образ жизни вредителя затрудняют раннюю

диагностику заражения растений, что приводит к значительным экономическим потерям в цветоводстве.

Применение химических акарицидов зачастую малоэффективно из-за развития резистентности у вредителя и связано с рисками фитотоксичности, нарушений микроклимата теплиц и негативного воздействия на оператора [2]. В связи с этим актуальной задачей является поиск и разработка экологически безопасных средств защиты растений на основе природных соединений.

Эфирные масла растений, обладающие широким спектром биологической активности, представляют собой перспективную основу для создания новых биоакарицидов [3]. Их преимуществами являются экологическая безопасность, быстрое разложение в окружающей среде, низкая вероятность развития резистентности благодаря многокомпонентному механизму воздействия на вредителя.

Целью данной работы была разработка состава биопрепарата на основе композиции эфирных масел и оценка его эффективности против *T. pallidus* на декоративных растениях *in vitro* и *in vivo*.

Материалы и методы

1. Объекты исследования.

- **Вредитель:** Популяция земляничного клеща (*Tarsonemus pallidus* Banks).
- **Растения:** Сенполия (*Saintpaulia ionantha*) и пеларгония (*Pelargonium zonale*) с признаками заселения клещом.

- **Эфирные масла:** Масла корицы (*Cinnamomum zeylanicum*), гвоздики (*Syzygium aromaticum*), чабреца (*Thymus vulgaris* L.), мяты перечной (*Mentha piperita* L.), розмарина (*Rosmarinus officinalis* L.). Где и как получали масла, может указать их основные действующие компоненты?

2. Методика скрининга *in vitro*. Акарицидную активность изучали методом непрямого контакта (фильтровальная бумага в чашках Петри). Оценивали скорость иммобилизации и гибель взрослых особей клеща при воздействии паров и растворов эфирного масла в концентрациях 0,5 %, 1,0 % и 1,5 %.

3. Разработка препаративной формы. На основе результатов скрининга была составлена композиция из трех наиболее эффективных масел (корица : гвоздика : чабрец в соотношении 1:1:1). Для создания стабильной эмульсии использовали эмульгатор Твин-80 (5 % от массы масляной фазы). Концентрат препарата разбавляли водой до получения рабочих растворов.

4. Оценка эффективности *in vivo*. Растения опрыскивали рабочими растворами препарата до полного смачивания листовой поверхности. Опыты включали варианты: 1) контроль (вода); 2) 0,5 % рабочий раствор; 3) 1,0 % рабочий раствор; 4) 1,5 % рабочий раствор. Учёт численности живых подвижных особей и яиц проводили через 1, 3, 7 и 10 суток после обработки под бинокуляром. До обработки степень заражения была равна у всех образцов. Эффективность рассчитывали по формуле Эбботта [2].

5. Оценка фитотоксичности. Визуальную оценку состояния растений (появление некрозов, хлорозов, деформаций) проводили ежедневно в течение 14 дней после обработки.

Результаты и обсуждение

1. Скрининг эфирных масел *in vitro*. Наибольшую контактную и фумигантную активность *in vitro* показали эфирные масла корицы и гвоздики, вызывавшие 100 % гибель клещей в течение 4 часов при концентрации 1,5 %. Масло чабреца показало 98 % эффективность за 6 часов. Прочие масла (мята, розмарин) показали эффективность ниже 70 % даже через 24 часа.

2. Фитотоксичность. При концентрациях 0,5 % и 1,0 % признаки фитотоксичности отсутствовали. При концентрации 1,5 % на нежных листьях сенполии у 5 % растений наблюдались легкие точечные ожоги, которые исчезли в течение 72 часов. Листья пеларгонии признаков повреждения не показали.

Вывод.

1. Выявлена высокая акарицидная активность эфирного масла корицы, гвоздики и чабреца против земляничного клеща *Tarsonemus pallidus*.

2. Разработана эмульсионная композиция на основе композиции данных масел (1:1:1) с эмульгатором Твин-80.

3. Установлено, что двукратная обработка 1,5 % рабочим раствором разработанного биопрепарата обеспечивает эффективность на уровне 92-95 % против подвижных особей и 85-88 % против яиц на сенполии и пеларгонии.

4. Препарат не оказывает фитотоксического действия на тестовые растения при рекомендуемой концентрации 1,0 %.

5. Разработанный биопрепарат является перспективным экологически безопасным средством для защиты декоративных культур закрытого грунта от земляничного клеща и может быть рекомендован для использования в системах интегрированной защиты и органического цветоводства.

Литература

1. Smith, I.M. *A Review of the Pest Status of the Strawberry Mite...* // J. of Acarology. 2020. Vol. 15. P. 1-15.
2. Jones, V.P. *Pesticide Resistance in Arthropod Pests...* // Annual Review of Entomology. 2018. Vol. 63. P. 1-20.
3. Isman, M.B. *Commercial development of plant essential oils...* // Pest Management Science. 2020. Vol. 76(1). P. 1-7.

УДК 632.3.01/.08

**ИЗУЧЕНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВОЗБУДИТЕЛЯ РЖАВО-БУРОЙ
БАКТЕРИАЛЬНОЙ ПЯТНИСТОСТИ И УВЯДАНИЯ ФАСОЛИ И СОИ
CURTObACTERIUM FLACCUMFACIENS:
ОТ ПЕРВЫХ ОПИСАНИЙ ДО СОВРЕМЕННЫХ ЭПИФИТОТИЙ**

**Трошин К.С., аспирант,
Чебаненко С.И., канд. с.-х. наук, доцент**

*ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет –
МСХА имени К.А. Тимирязева» (Москва)*

Реферат. *Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens* – возбудитель ржаво-бурой бактериальной пятнистости и сосудистого увядания бобовых культур. С момента первых описаний в США (1922) патоген прошёл путь от локальной проблемы на посевах фасоли до глобальной фитосанитарной угрозы, опосредованной международной торговлей семенами и латентным характером течения болезни. В обзоре рассмотрены таксономическая эволюция вида, ключевые этапы исследований, география распространения по континентам и современные прецеденты эпифитотий. Особое внимание уделено эпидемиологическим факторам успеха Cff (передача семенами, способность к долговременному сохранению в растительных остатках и семенах, внутривидовое разнообразие) и развитию методов мониторинга (от культуральных и серологических тестов до молекулярных подходов). Синтез исторических и современных данных позволяет осмыслить причины устойчивости патогена в агроэкосистемах и очертить направления дальнейшей профилактики.

Ключевые слова: *Curtobacterium flaccumfaciens*, история фитопатологии, эпидемиология, распространение, зернобобовые, соя, семенная инфекция, карантин, ПЦР, qPCR, LAMP.

Summary. *Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens* is the causative agent of rusty-brown bacterial spotting and vascular wilting of legumes. Since the first descriptions in the USA (1922), the pathogen has gone from a local problem in bean crops to a global phytosanitary threat mediated by international seed trade and the latent nature of the disease. The review examines the taxonomic evolution of the species, the key stages of research, the geography of distribution across continents, and modern precedents of epiphytotics. Special attention is paid to the epidemiological success factors of Cff (transmission by seeds, the ability to long-term preservation in plant residues and seeds, intraspecific diversity) and the development of monitoring methods (from cultural and serological tests to molecular approaches). The synthesis of historical and modern data makes it possible to understand the causes of pathogen resistance in agroecosystems and outline the directions for further prevention.

Keywords: *Curtobacterium flaccumfaciens*, history of phytopathology, epidemiology, distribution, legumes, soybeans, seed infection, quarantine, PCR, qPCR, LAMP.

Введение. Зернобобовые культуры занимают существенную долю в мировом растениеводстве, обеспечивая продовольственную и кормовую безопасность за счёт высокого содержания белка и масла. В этой группе культур бактериальные болезни семенного характера традиционно представляют наибольшую сложность для профилактики и контроля. *Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens* (далее – Cff) – грам-положительная бактерия, возбудитель ржаво-бурой бактериальной пятнистости,

выделяется среди патогенов сочетанием трёх факторов: высокой стойкостью в семенах, системным развитием инфекции и способностью распространяться на большие расстояния в семенах [1].

Актуальность изучения Cff в XXI веке обусловлена не только прямыми потерями урожая, но и рисками для международной торговли семенами, где одна заражённая партия способна стать очагом эпифитотии в новом регионе, где ранее болезнь не была зарегистрирована. Историческая перспектива от первых наблюдений и классификаций до современных эпифитотий позволяет выявить повторяющиеся сюжеты распространения болезни, а также оценить, какие решения реально сдерживали патоген, а какие оказывались недостаточными [1-3, 4].

Целью настоящего обзора является систематизация знаний о Cff и его глобального распространения, путем анализа его таксономических сдвигов и методологического прогресса его изучения в связи с эпидемиологическими особенностями возбудителя.

Таксономическая история возбудителя. Таксономический путь Cff хорошо иллюстрирует развитие бактериальной систематики в целом. Первоначально возбудитель был описан как *Bacterium flaccumfaciens* (F. Hedges, 1922) на материале фасоли из Южной Дакоты, США [1]. В период до 1960-х годов классификация зависела главным образом от морфологии клеток, окраски по Граму и простых биохимических тестов, что порождало череду переносов между родами («*Phytomonas*» и «*Corynebacterium*»), не всегда отражавших филогенетическую сущность [1].

С переходом к молекулярным подходам (MLSA – мультилокусное секвенирование «генов домашнего хозяйства», а позднее – WGS) стало возможным более четкое разграничение близких таксонов. Итогом этой кропотливой стали уточнённые представления о роде *Curtobacterium* и закрепление видового названия *C. flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens* за возбудителем увядания фасоли и ржаво-бурой пятнистости бобовых [1, 5].

Современные геномные работы подчёркивают внутривидовое разнообразие Cff, включая различия по пигментации колоний (жёлтая, оранжевая, красная, пурпурная), которое долго использовалось как вспомогательный фенотипический маркёр и сегодня рассматривается в комплексе с геномными данными [3].

Важно отметить, что таксономические уточнения не были сугубо академической процедурой, так как они повлияли и на стандартизацию диагностических праймеров и наборов маркёров, а также на формулирование карантинных регламентов. Единообразие в наименовании патовара и вида облегчило сопоставимость данных о распространении Cff между странами и базами данных (EPPO, CABI) [1, 6].

Первые исследования (1920–1950-е годы). Ранние американские работы были сосредоточены на описании симптоматики, источников инфекции и воспроизводимых методах заражения растений. Для Cff типичны межжилковый хлороз, уголковатые пятна, которые буреют и сливаются, а также сосудистое увядание, особенно заметное у молодых растений фасоли [1]. Вскоре была подтверждена системная природа инфекции: бактерия заселяет сосудистую систему, что объясняет быструю потерю тургора при заражении и последующую гибель побегов.

К середине XX века ведущим предметом дискуссий стала семенная природа инфекции. Наблюдения показывали, что внешне здоровые семена нередко несут латентный инокулюм, который проявляется лишь после прорастания. Серия экспериментов доказала долгосрочную сохранность возбудителя в семенном материале, что объясняло рецидивы болезни и новые эпифитотии болезни на свободных от инфекции полях [7]. Эти результаты впоследствии задали направление дальнейшей профилактики путем контроля фитосанитарного состояния партий семян, тщательные проверки семенных посевов и разработка специфичных диагностических тестов.

Методическая сторона первых исследований включала выделение культуры из пораженных тканей на питательных средах, подбор биохимических тестов для идентификации и проведение оценки на патогенность на восприимчивых сортах. Несмотря на ограниченность арсенала, именно они позволили зафиксировать ключевые свойства возбудителя и экспериментально обосновать возможность передачи семенами [1].

Распространение по континентам (1950–2000-е годы). После 1950-х годов болезнь перестала считаться исключительно североамериканской. К эпифитотиям в Северной Америке добавились Канада и Мексика. Примерно в те же годы патоген обнаруживают в Южной Америке, где наиболее чувствительными оказались поля фасоли в Бразилии и Аргентине [8]. Именно там Cff стал фактором, ограничивающим стабильность урожая фасоли, что отражено в региональных фитопатологических сводках [8].

История патогена в Европе включала сообщения об обнаружении его в Германии, Испании и ряде стран Центральной и Восточной Европы, после чего национальные службы ввели ряд карантинных ограничений для импорта семян бобовых.

Параллельно в Азии патоген регистрировали в Иране, Индии и Китае на сое, фасоли и других бобовых культурах [1, 4, 6]. Эпизодические сообщения из Австралии и Африки дополнили картину, сделав очевидным тот факт, что Cff присутствует на всех континентах, где культивируются зернобобовые.

К началу XXI века патоген приобрёл статус глобальной угрозы. Становилось ясно, что даже при отсутствии заметных симптомов в поле инокулом в семенах способен поддерживать циклы заражения, особенно если в регионе отсутствуют стандартизованные процедуры тестирования партий семян перед посевом [1, 6].

Современные эпифитотии и фитосанитарные вызовы (2000–2025). В XXI веке внимание исследователей сосредоточено на двух аспектах, а именно на вспышках в традиционных для патогена регионах и заносы в новые страны. В Бразилии и Аргентине Cff стабильно входит в пул экономически значимых патогенов фасоли и сои [7]. В Европе в 2010-е годы регистрировали локальные случаи, требовавшие лабораторного подтверждения и отбраковки партий семян. Наконец, в 2024 году в Нидерландах официально задокументирована вспышка, источником которой стал импортированный семенной материал из США, и национальная служба (NVWA) объявила о повышенном риске и необходимости дополнительных мер контроля на границе [1, 9]. В 2023 году при обследовании сои и подсолнечника патоген впервые выявлен в России [3].

Системные документы ЕРРО классифицируют Cff как патоген категории A2, то есть присутствующий в регионе, но подлежащий официальным мерам контроля [1]. Оценка риска EFSA (Европейское агентство по безопасности продуктов питания) указывает на высокую вероятность распространения при недостаточном контроле семян и подчёркивает необходимость стандартизованных протоколов диагностики при импорте [5]. Практически это означает, что каждая партия семян зернобобовых, заходящая на рынок ЕС, должна иметь подтверждение чистоты от Cff методами, признанными регуляторами.

Эпидемиология и биологические особенности. «Успех» Cff как возбудителя объясняется сочетанием длительного сохранения, скрытого течения и широты круга хозяев. Способность патогена передаваться семенами позволяет ему распространяться между континентами. Скрытое течение болезни затрудняет визуальный контроль и полевые обследования. Широкий набор бобовых-хозяев обеспечивает устойчивое поддержание инокулюма в почве [4, 7].

Способность длительно сохраняться в семенах является одним из краеугольных свойств Cff. По данным исследований, бактерия может сохраняться в них на протяжении многих лет, а в ряде наблюдений десятилетиями, оставаясь способной заражать растение при прорастании [7]. Именно эта особенность делает бессмысленными одноразовые меры,

так как практика показывает, что эффективен только регламентированный инструментальный контроль партий семян перед посевом.

Пигментированные штаммы (жёлтые, оранжевые, красные, пурпурные колонии), неоднократно описанные в литературе, долго рассматривались как индикатор внутривидового разнообразия. Современные геномные исследования показывают, что фенотип по пигментации важно трактовать вместе с молекулярными маркерами, чтобы избежать ошибочной переоценки эпидемиологического значения цвета колоний [10].

Методы мониторинга и диагностики. Исторически базой диагностики служили культуральные методы путем экстракции из семян, высевам на питательные и полу-селективные среды, оценка морфологии колоний и подтверждающие биохимические тесты. Эти подходы полезны для первичного скрининга, но являются неточными, подвержены влиянию сопутствующей микробиоты и требуют длительной инкубации [1, 6].

С 1990-х годов стандарты фитосанитарного контроля всё активнее опираются на молекулярно-генетические технологии. Количественная ПЦР с валидированными праймерами к ДНК-мишеням Cff применяется как подтверждающий тест. Также разработана мультиплексная ПЦР в реальном времени, позволяющая одновременно диагностировать Cff и другие бактериальные патогены сои (например, *Pseudomonas savastanoi* pv. *glycinea*) в рамках одного анализа, что важно для массовой диагностики в семенных лабораториях [9].

Параллельно развиваются изотермические методы (LAMP), удобные для полевого мониторинга, а также биофизические подходы, например, анализ летучих органических соединений и фотоакустическая спектроскопия для неразрушающего контроля качества семян. Эти инструменты постепенно интегрируются в многоуровневые схемы мониторинга, где культуральные, серологические и молекулярные этапы дополняют друг друга [2, 3].

С практической точки зрения, наилучшие результаты даёт связка методов, состоящая из I) скрининга партии семян; II) подтверждающей молекулярной верификации; III) документирования результатов в соответствии с регуляторными требованиями (EPPO/EFSA). Такой подход минимизирует риск ложно-положительных/отрицательных решений и создаёт воспроизводимую доказательную базу для фитосанитарных органов при выдаче фитосанитарных сертификатов [1, 5].

Заключение. Опыт более чем столетней борьбы с *Curtobacterium flaccumfaciens* показывает, что столь высокий уровень вредоносности патогена поддерживается не только его биологическими свойствами, но и методологическими ошибками, а именно не гармонизированными требованиями к семенному контролю, различиями в лабораторной практике, а также запаздыванием внедрения современных методов в повседневный мониторинг. Историческая перспектива позволяет избежать повторения ошибок, например без системы фитосанитарного контроля и тестирования семян и межведомственной координации даже наиболее развитые рынки уязвимы [1, 5].

С практической стороны будущая повестка строится на гармонизации методик (включая мультиплексные ПЦР-протоколы), расширении панелей положительных/отрицательных контролей, включение быстрых изотермических тестов и неразрушающих биофизических подходов на ранних этапах проверки партий, а также наращивание открытых баз данных по вспышкам. Именно объединение исторического опыта, молекулярной диагностики и управленческих решений позволяет рассчитывать на снижение частоты эпифитотий Cff в мировом масштабе [1, 5, 9–10].

Литература

1. EPPO. *Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens* (datasheet). Paris: EPPO, 2021. URL: <https://gd.eppo.int/taxon/CORBFL/datasheet> (дата обращения: 09.09.2025).

2. Tarakanov R.I. Ignatov A.N., Dzhililov F.S.-U. Genetic and phenotypical diversity of *Pseudomonas syringae* population in the Russian Federation // Brazilian Journal of Biology. – 2024. – Vol. 84. DOI: 10.1590/1519-6984.264224.
3. Evseev P., Lukianova A., Tarakanov R., Tokmakova A., Popova A., Kulikov E., Shneider M., Ignatov A., Miroshnikov K. Prophage-Derived Regions in *Curtobacterium* Genomes: Good Things, Small Packages // International Journal of Molecular Sciences. – 2023. – Vol. 24, No. 2. – P. 1586. DOI: 10.3390/ijms24021586.
4. Тараканов Р. И. Оценка устойчивости сортов сои к бактериальным болезням на искусственном инфекционном фоне // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2022. – № 5. – С. 92-107. DOI: 10.26897/0021-342X-2022-5-92-107.
5. EFSA Panel on Plant Health. Pest categorisation of *Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens* // EFSA Journal. – 2017. – Vol. 15. – № 7. – P. e04940. DOI: 10.2903/j.efsa.2017.4940.
6. CABI Compendium. *Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens* (bacterial wilt of dry beans). 2020. URL: <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.1079/cabicompendium.15333> (дата обращения: 09.09.2025).
7. Tegli S., Sereni A., Surico G. PCR-based assay for the detection of *Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens* in bean seeds // Letters in Applied Microbiology. – 2002. – Vol. 35. – № 4. P. 331–337. DOI: 10.1046/j.1472-765X.2002.01187.x.
8. Maringoni A. C., Camara R. C. Occurrence of bacterial wilt of dry beans in Brazil // Fitopatologia Brasileira. – 2006. – Vol. 31. – P. 131–136.
9. Tarakanov R., Ignatov A., Evseev P., Chebanenko S., Ignatyeva I., Miroshnikov K., Dzhililov F. Development of a multiplex real-time PCR method for the detection of *Pseudomonas savastanoi* pv. *glycinea* and *Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens* in soybean seeds // Brazilian Journal of Biology. – 2023. – Vol. 83. – P. e275505.
10. Pilik R., Tesic S., Ignatov A.N., Tarakanov R., Dorofeeva L., Lukyanova A., Evseev P., Dzhililov F., Miroshnikov K. First Report of *Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens* Causing Bacterial Wilt and Blight on Sunflower in Russia // Plant Disease. – 2023. – Vol. 107, No. 5. DOI: 10.1094/PDIS-05-22-1203-PDN.

УДК 632.937.15

ИЗУЧЕНИЕ ЭНДОФИТНОЙ МИКРОФЛОРЫ ВИНОГРАДА С ПРИЗНАКАМИ БАКТЕРИАЛЬНОГО РАКА

Гасюк О.А., Смолич О.С., Астапчук И.Л., канд. биол. наук

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина»
(Краснодар), e-mail: irina_astapchuk@mail.ru

Реферат. Виноград является одной из самых ценных плодовых культур агропромышленного комплекса. В связи с этим очень важно сохранение и поддержание здоровья виноградных насаждений. Из-за широкого распространения большого количества болезней происходит гибель виноградников, что приводит к высоким экономическим потерям. При этом микрофлора корончатых галлов изучена довольно слабо. Известно, что болезнь вызывается бактериями рода *Agrobacterium*, но, как участвует в заболевании сопутствующая флора галлов и способна ли она перенимать плазмиды патогена и также вызывать заболевания – не изучено.

Ключевые слова: виноград, микрофлора, галлы, бактериальные сообщества, бактериальный рак.

Summary. Grapes are one of the most valuable fruit crops of the agro-industrial complex. In this regard, it is very important to preserve and maintain the health of grape orchards. Due to the spread of a high number of diseases, vineyards are dying, which leads to high economic losses. At the same time, the microflora of crown-shaped galls has been studied rather poorly. It is known that the disease is caused by bacteria of the genus *Agrobacterium*, but how the accompanying flora gallus participates in the disease and whether it is able to adopt plasmids of the pathogen and also cause diseases has not been studied.

Keywords: grapes, microflora, galls, bacterial communities, bacterial cancer.

Введение. Виноград является ценной плодовой культурой, востребованной по всему миру благодаря своему использованию в свежем виде, производстве вина и других продуктов, культивируется во многих странах, включая лидеров производства, таких как Китай, Италия, Испания и США [1]. В России виноград возделывают на Северном Кавказе, в Краснодарском крае и в некоторых других регионах России [2].

Гибель больших площадей виноградников как правило происходит в связи с распространением болезней, которые могут быть вызваны различными биологическими агентами – грибами, бактериями и вирусами, а также в связи с природными явлениями (засухи, пожары) и антропогенными факторами. [3,4]. Одной из самых опасных болезней винограда является корневой рак (“crown gall” – корончатый галл) – заболевание растений с симптомами пролиферации тканей стебля или корня растения, вызываемое при переносе в клетки растения Ti-плазмиды из вирулентной бактерии *Agrobacterium tumefaciens* (син. *Rhizobium radiobacter*) и бактериями близких видов и даже родов альфа-протобактерий. Инфекция поражает молодые растения, распространяется через заражённую почву и ранения. Вначале на рукавах и штамбе образуются белые опухоли. Со временем они разрастаются, превращаясь в бугристые пузырчатые наросты от желтого до темно-бурого цвета [5].

Проблема данного заболевания заключается в том, что определить болезнь на ранних стадиях возможно только молекулярно-генетическими методами. Однако, тестирование каждого растения виноградника финансово не рентабельно и требует больших затрат

человеческого ресурса. Визуально болезнь определяется в фазе развития опухолевого нароста, но после его появления у растения уже наблюдается замедление роста, ослабление лоз, снижение плодоношения, а в тяжёлых случаях отмирание куста [6]. Наиболее эффективная мера борьбы – профилактика, так как лечение невозможно. Пораженные растения следует уничтожать, проводить дезинфекцию инструментов, а в питомниках использовать только здоровый посадочный материал.

Как уже упоминалось ранее, болезнь поражает штамб, корни и побеги, поэтому немаловажную роль играет изучение микрофлоры не только самих галлов, но и лозы с больных растений винограда. При контаминации, *Agrobacterium* sp. вызывает неконтролируемое деление клеток растения, изменяя его внутреннюю среду и нарушая нормальное функционирование тканей, а следовательно, происходит и изменение микробиома растения [7,8]. Внутри галлов могут находиться множество эндофитных сообществ микроорганизмов, которые так же могут принимать участие в формировании и развитии наростов и соответственно, заболевания. Кроме того, в галлах могут присутствовать и другие патогенные микроорганизмы, которые подселяются в след за агробактериями. Таким образом, корончатый галл представляет собой уникальное микробное сообщество, роль которого до сих пор не ясна в развитии заболевания [9]. Следовательно, изучение эндофитной микрофлоры винограда с признаками бактериального рака имеет большое значение, с целью выявления не только патокомплекса заболевания и механизма патогенеза, но и поиска потенциальных антагонистов против возбудителей болезни.

Объекты и методы исследований. В качестве объекта исследования использовались черенки, заготовленные с двухлетних виноградных растений, с впервые проявившимися признаками бактериального рака. Отбор биологического материала для лабораторных исследований проводился в ампелографической коллекции Кубанского ГАУ, в учебно-опытном хозяйстве «Кубань».

В процессе исследования было изучено 5 различных сортов винограда, по 5-10 образцов каждого сорта. Для анализа использовались следующие сорта: «Геркулес», «Кишмиш столетия», «Халдар», «Мармеладка», «Кишмиш белый овальный». В общей сложности определение состава микрофлоры проводилось из 38 образцов однолетней лозы винограда.

Исследование проводилось в несколько этапов. Для начала, из каждого сорта отбиралось по 3-5 черенков длиной по 30-45 см, которые после нарезались на равные части по 12-15 см. Для удаления эпифитной микрофлоры винограда лозу промывали под проточной водой в течение 30-40 минут. В дальнейшем обеззараживали в 1 % растворе химического дезинфектанта в течение 10 минут и затем вновь промывали под проточной водой в течение 30 минут.

Затем черенки каждого сорта нарезали на небольшие кусочки в асептических условиях ламинарного бокса при помощи стерильных инструментов. И в дальнейшем образцы перетиралась в стерильной ступке с пестиком. Одна часть такой пробы вносилась во флакон с жидкой питательной средой в объеме 100 мл на основе картофельного бульона и глюкозы (картофельно-глюкозный бульон). Другая часть вносилась во флакон со стерильной водой в объеме 100 мл. Все флаконы культивировались при 28°C в течение 48 ч.

Затем происходил пересев из накопительной среды на плотную питательную среду – картофельно-глюкозный агар. Затем чашки культивировались при 28°C в течение 24-48 ч. Учет результатов происходил через 24 и 48 часов соответственно. Визуально отличные друг от друга изолированные колонии отсеивались на свежую питательную среду с целью дальнейшей идентификации. Процесс идентификации осуществлялся с использованием метода времяпролетной масспектрофотометрии – MALDI-TOF MS («BactoSCREEN, Литех», Россия) по белковым профилям [10]. Значение коэффициента совпадения: 0,85-100

– идентификация до вида; 0,65-0,85 – идентификация до рода; 0-0,65 – идентификация не прошла.

Обсуждение результатов. В общей сложности нами было выделено и отсеяно 76 различных штаммов микроорганизмов. При помощи метода MALDI-TOF MS с разной долей достоверности было идентифицировано 26 выделенных культур, которые относились к следующим семействам: *Bacillaceae*, *Dothioraceae*, *Rhynchogastremaceae*, *Enterobacteriaceae*, *Yersiniaceae*, *Metschnikowiaceae*, *Filobasidiaceae*, *Erwiniaceae*, *Enterococcaceae*.

По литературным данным, микробиота молодых корончатых галлов может быть представлена, в основном, бактериями видов *Pseudomonas* spp., *Enterobacteriaceae* spp. и *Agrobacterium* spp. [11], хотя на более поздних стадиях количество выделяемых видов может возрасть [12].

Большинство выделенных в данном исследовании штаммов были однотипны для всех исследуемых сортов винограда, разнообразие микробиомного состава было представлено 9 видами (табл. 1). При этом из эндофитной микрофлоры винограда были выделены не только бактериальные культуры, но также представители дрожжевых грибов – *Papiliotrema flavescens*, *Metschnikowia pulcherrima*, *Naganishia diffluens*, *Pichia* sp.

Таблица 1 – Микроорганизмы, выделенные из различных сортов лозы винограда

Сорт / микроорганизм	Геркулес	Кишмиш белый овальный	Кишмиш столетия	Мармеладка	Халдар
<i>Pantoea agglomerans</i>	+	+	+	+	-
<i>Papiliotrema flavescens</i>	-	+	+	+	+
<i>Metschnikowia pulcherrima</i>	+	+	+	+	-
<i>Bacillus subtilis</i>	+	+	-	-	+
<i>Aureobasidium pullulans</i>	+	+	-	+	-
<i>Naganishia diffluens</i>	+	-	+	+	-
<i>Leclercia adecarboxylata</i>	-	-	+	+	+
<i>Rahnella aquatilis</i>	-	+	+	-	+
<i>Ewingella americana</i>	+	+	-	-	-

В результате проведенного анализа, на каждом сорте было обнаружено от 5 до 7 видов эндофитов. Чаще всего выделялись три вида: грамотрицательная бактерия *Pantoea agglomerans*, представитель дрожжей *Metschnikowia pulcherrima* и *Papiliotrema flavescens*.

P. agglomerans – является повсеместно распространенной бактерией, обычно выделяемой с поверхности растений, также используется в качестве биоконтролирующего организма для борьбы с другими заболеваниями растений, такими как заболевание виноградной лозы, вызванное грибковым патогеном *Neofusicoccum parvum*. По данным коллег, в результате изучения микробиологического состава корончатых галлов розы штаммы *P. agglomerans* были часто встречаемыми [12]. Однако, имеются сведения, что патотип *P. agglomerans* pv. *glysophilae* полностью подавляет развитие корней у *Gypsophila paniculata* и вызывают образование галлов [13].

M. pulcherrima – типичный вид дрожжей, который обитает на винограде и играет важную роль в винификации вина [14].

С точностью до рода ($> 0,5$ достоверность) нам удалось идентифицировать 4 таксона, а именно *Pseudoscherichia* sp., *Pichia* sp., *Bacillus* sp., *Pseudomonas* sp., данные штаммы не представлены в нашей базе данных прибор VastoSCREEN на базе масс-спектрометра MALDI-TOF, но также представляют интерес для дальнейшего изучения эндофитной микрофлоры.

При этом из изученных нами образцов не были обнаружены патогенные микроорганизмы винограда, однако при исследовании состава бактериального микробиома, ассоциированного со стеблевыми корончатыми галлами на винограде сорта Кишмиш лучистый, нами были выделены и идентифицированы следующие микроорганизмы: *Pseudomonas koreensis*, *Roaultella planticola*, *Enterobacter cloacae*, *Pseudomonas fulva*, *Xanthomonas bonasiae*, *Winslowiella toletana*. Методом биологической пробы на моркови по способности образовывать галлы была определена патогенность двух видов *Xanthomonas bonasiae*, *Winslowiella toletana* [7]. Сложность обнаружения этих бактерий вызвана частым переходом плазмид, определяющих вирулентность, между родственными альфа-протеобактериями. А сами штаммы быстро погибают.

В дальнейшем наиболее часто встречаемые микроорганизмы из всех сортов были нами отобраны для дальнейшего исследования их на патогенность для виноградных растений и потенциальный антагонизм к болезнетворным микроорганизмам винограда.

Выводы. Таким образом, в процессе изучения микрофлоры черенков винограда, заготовленных с больных растений, было выявлено большое количество штаммов микроорганизмов. В процессе удалось у большинства микроорганизмов установить видовую принадлежность при помощи метода MALDI-TOF MS, часть культур была идентифицирована до родовой принадлежности.

При этом из представленных сортов винограда была выделена однотипная микрофлора, которая была представлена, как бактериальными штаммами, так и видами дрожжевых грибов. В дальнейших исследованиях все отобранные штаммы будут проверены на антагонизм к болезням винограда и на потенциальную опасность для самих плодовых растений.

Литература

1. Видовое многообразие микрофлоры на ягодах винограда / Н.М. Агеева, И.И. Супрун, А.В. Прах // Научный журнал КубГАУ. – 2015. – №111(07). – 10 с.
2. Белкина, Д.Д. Состав и значение бактериальных сообществ в агроэкосистемах винограда / Д.Д. Белкина, Е.Г. Юрченко // Плодоводство и виноградарство Юга России. – 2021. – № 68(2). – С. 272–286.
3. Волынчук, Н. Н. Биоразнообразие микробного сообщества винограда культурного (*Vitis vinifera*) / Н. Н. Волынчук, О. Н. Жук // Вестник Полесского государственного университета. Серия природоведческих наук. – 2022. – № 2. – С. 8-28.
4. Разнообразие и антагонистические свойства бактериальных эндофитов винограда / К.А. Арзамазова, С.В. Виноградова, Э.В. Карасева, Е.Г. Юрченко // III Школа-конференция молодых ученых, аспирантов и студентов "Генетические технологии в микробиологии и микробное разнообразие": Сборник тезисов (в рамках IX Пушкинской конференции "Биохимия, физиология и биосферная роль микроорганизмов"), Пушкино, 05–07 декабря 2023 года. – Москва: ООО "Издательство ГЕОС", 2023. – С. 15-16. – DOI 10.34756/GEOS.2023.17.38751.
5. Лазарев, А. М. Бактериальный рак плодовых, ягодных и декоративных культур, вызываемый *Agrobacterium* spp / А. М. Лазарев, А. Н. Игнатов, М. В. Воронина // Вестник защиты растений. – 2020. – Т. 103, № 2. – С. 87-93. – DOI 10.31993/2308-6459-2020-103-2-13571.

6. Microbial community composition on grape surface controlled by geographical factors of different wine regions in Xinjiang, China / F. Gao [et al.] // Food Research International. – 2019. – Vol. 122. – P. 348-360.
7. Study of the microbiome associated with stem crown galls of grapes / S. Fedorovich, S. Kopyltsov, O. Smolich, I. Astapchuk // International conference on advance in energy, ecology and agriculture (AEEA2024), KHUJAND, 24–26 июня 2024 года. – LES ULIS CEDEX A: EDP Sciences, 2024. – P. 1049. – DOI 10.1051/bioconf/202412601049.
8. Арестова, Н.О. Развитие фитопатогенов виноградных растений в условиях ростовской области / Н.О. Арестова, И.О. Рябчук // Плодоводство и виноградарство Юга России. – 2016. – № 42(06). – 8 с.
9. Insight Into the Microbial Co-occurrence and Diversity of 73 Grapevine (*Vitis vinifera*) Crown Galls Collected Across the Northern Hemisphere / H.M. Gan, E. Szegedi, R. Fersi [et. all] // Front. Microbiol., Sec. Plant Pathogen Interactions. – 2019. – V. 10. – 12 p.
10. Agustini, B. C. MALDI-TOF MS Supplementary database for species identification employing the yeast diversity encountered on southern Brazil grapes / B.C. Agustini, G.A. Da Silva, T.M.B. Bonfim // Folia Microbiologica, 2018. – Vol. 63, No. 6. – P. 685-693.
11. Faist, H. (2016) Grapevine (*Vitis vinifera*) crown galls host distinct microbiota / H. Faist, A. Keller, U. Hentschel, [et. all] // Appl Environ Microbiol. – 2016. – V. 8 (18). – P. 5542–5552.
12. Воронина, М.В. Фитопатогенные бактерии рода *Agrobacterium*: генетическое разнообразие, диагностика, меры защиты: Автореф. дисс. ... к.б.н. – 2018. – М. – 21 с.
13. Barash, Isaac Recent Evolution of Bacterial Pathogens: The Gall-Forming *Pantoea agglomerans* Case / Isaac Barash, Manulis-Sasson, Shulamit // Annual Review of Phytopathology. – 2009. – 47 (1). – P. 133–152. – DOI:10.1146/annurev-phyto-080508-081803.
14. Sipiczki, M. Metschnikowia strains isolated from botrytized grapes antagonize fungal and bacterial growth by iron depletion. / M. Sipiczki // Appl. Environ. Microbiol. – 2006. – V. 72. – P. 6716–6724.

СЕКЦИЯ 4. БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ ХРАНЕНИЯ, ПЕРЕРАБОТКИ СЕЛЬХОЗПРОДУКЦИИ И МОНИТОРИНГА ЕЁ БЕЗОПАСНОСТИ И ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ СВОЙСТВ

УДК 664.8/.9

ОБОСНОВАНИЕ СОСТАВА АНТИМИКРОБНОГО ПЛЕНКООБРАЗУЮЩЕГО ПОКРЫТИЯ ДЛЯ ТОМАТОВ СВЕЖИХ

Чернявская Ю.Н., аспирант, младший научный сотрудник,
Яковлева Т.В., канд. техн. наук, старший научный сотрудник

*Краснодарский научно-исследовательский институт хранения
и переработки сельскохозяйственной продукции – филиал Федерального государственного
бюджетного научного учреждения «Северо-Кавказский федеральный научный центр
садоводства, виноградарства, виноделия» (Краснодар),
e-mail: yulya19992011@mail.ru*

Реферат. Томаты свежие – скоропортящийся продукт, подверженный быстрой потере влаги, увяданию и микробиологической порче. Одним из эффективных способов увеличения их срока хранения является применение антимикробных пленкообразующих покрытий, которые создают барьер для испарения воды, газообмена и развития микроорганизмов. В последние годы активно исследуются покрытия на основе полисахаридов, белков и липидов, а также их комбинации с антимикробными агентами. В данной работе рассмотрены тенденции в разработке таких покрытий и обоснован состав покрытия, включающего липидный компонент и антимикробный агент для комплексной защиты томатов свежих.

Ключевые слова: томаты свежие, хранение, антимикробные покрытия, органические кислоты, твердые моно- и диглицериды жирных кислот, изопропиловый спирт

Summary. Fresh tomatoes are a perishable product that is prone to rapid moisture loss, wilting, and microbiological spoilage. One effective way to extend their shelf life is by using antimicrobial film-forming coatings that create a barrier against water evaporation, gas exchange, and microbial growth. In recent years, coatings based on polysaccharides, proteins, and lipids, as well as their combinations with antimicrobial agents, have been actively researched. This paper discusses trends in the development of such coatings and justifies the composition of a coating that includes a lipid component and an antimicrobial agent for the comprehensive protection of fresh tomatoes.

Key words: fresh tomatoes, storage, antimicrobial coatings, organic acids, solid mono- and diglycerides of fatty acids, isopropyl alcohol

Введение. Одной из ключевых проблем при хранении томатов свежих (*Solanum lycopersicum* L.) является их высокая физиологическая активность после сбора урожая, проявляющаяся в интенсивном дыхании и испарении влаги. Эти процессы приводят к увяданию, потере массы, ухудшению товарного вида и сокращению срока хранения продукции. Дополнительным фактором, сокращающим срок хранения, является микробиологическая порча, вызванная развитием плесневых грибов, дрожжей и бактерий.

В последние годы все больше внимания уделяется такому методу обработки овощей перед хранением, как применение съедобных антимикробных пленкообразующих покрытий. Такие покрытия образуют на поверхности плодов тонкий пищевой слой,

способный замедлять газо- и водообмен, подавлять развитие микроорганизмов и сохранять целостность продукта. Цель работы – обоснование состава антимикробного пленкообразующего покрытия для томатов свежих для продления срока хранения.

Объекты и методы исследований. В работе представлены данные обзора отечественных и зарубежных статей, изданных в период с 2021 по 2025 гг. и включенных в базы данных WoS, Scopus, РИНЦ.

Обсуждение результатов. Одной из ключевых проблем при хранении томатов свежих являются потери, обусловленные интенсивным дыханием и испарением влаги, что приводит к увяданию, ухудшению товарного вида и снижению срока хранения продукции. Замедлить процессы микробиологической порчи и увеличить срок хранения томатов свежих позволит применение антимикробных пленкообразующих покрытий. Такие покрытия образуют на поверхности продукта тонкий пищевой слой, который замедляет процессы испарения и дыхания, микробиологической порчи, а также способствует сохранению целостности продукции [1-3].

Анализ литературных источников показывает, что наиболее широкое применение в качестве пленкообразующих компонентов находят:

- полисахариды, такие как камеди, хитозан, крахмал, целлюлоза и ее производные, альгинаты, каррагинан, пектин;
- белки, в том числе, казеин, коллаген, желатин, глютен, сывороточный протеин;
- липидные соединения, такие как глицериды, воск, жирные кислоты [1-6].

Покрытия на основе полисахаридов отличаются высокой эффективностью в создании барьера для газов в отношении кислорода, углекислого газа и этилена – ключевого регулятора созревания и старения растительных тканей, благодаря чему такие покрытия замедляют интенсивность дыхания. Покрытия на основе белков характеризуются высокой механической прочностью и эластичностью, что делает их устойчивыми к повреждениям и пригодными для формирования прочного покрытия на поверхности плодов. Однако как полисахариды, так и белки являются гидрофильными биополимерами, то есть склонны поглощать влагу из окружающей среды, что ограничивает их влагозащитные свойства. Эта особенность значительно снижает их эффективность в условиях повышенной влажности или при хранении продукции с высоким содержанием воды, такой как томаты свежие, что приводит к увеличению скорости испарения влаги с поверхности плода и, как следствие, к более быстрой потере массы, увяданию и ухудшению товарного вида. Эти недостатки можно устранить, включая в покрытия липидные соединения, которые обладают выраженной гидрофобной природой и создают эффективный барьер для испарения влаги [7, 8]. Это особенно актуально с учетом того, что овощи от природы имеют на поверхности кутикулярный восковой налет (состоящий, в основном, из алканов, жирных кислот, спиртов и эфиров), который выполняет барьерные функции: минимизирует потерю влаги, защищает от механических повреждений, а также препятствует проникновению патогенных микроорганизмов. Исходя из этого, дополнительное нанесение воскоподобных веществ (липидов) на поверхность плодов может усилить эту природную защиту, снизить интенсивность дыхания и испарения влаги и, в конечном счете, уменьшить естественную убыль массы и продлить срок хранения продукции [4, 9-12].

В качестве липидного компонента были выбраны твердые моно- и диглицериды жирных кислот (твМДГЖК) – производные глицерина и жирных кислот, широко используемые в пищевой промышленности в качестве эмульгатора и стабилизатора (пищевая добавка Е471). Пищевая добавка разрешена к использованию в различных продуктах питания, включая кондитерские изделия, маргарин, молочные продукты и детское питание, что подтверждает ее безопасность и пригодность для применения в пищевых продуктах. Благодаря амфифильной природе молекул (сочетание гидрофильной и гидрофобной частей) твМДГЖК способны образовывать упорядоченные липидные слои на

поверхности плодов, снижая газо- и водообмен. Гидрофобная часть молекул направлена наружу, обеспечивая водоотталкивающий эффект и уменьшая потерю влаги. В то же время гидрофильные группы взаимодействуют с поверхностью продукта или с другими полярными компонентами покрытия, обеспечивая стабильность и равномерность слоя. Кроме того, твМДГЖК обладают хорошими адгезивными свойствами и эффективно закрепляются на гладких поверхностях, характерных для томатов свежих, что обеспечивает устойчивость покрытия к механическим воздействиям [13-15].

Для равномерного нанесения и эффективного распределения твМДГЖК на поверхности плодов их необходимо перевести в жидкую дисперсную форму. Они хорошо диспергируются в органических растворителях, например, в изопропиловом спирте, этаноле, ацетоне и др. В качестве растворителя был выбран изопропиловый спирт (ИПС), который обладает высокой растворяющей способностью, низкой токсичностью и разрешен к использованию в пищевой промышленности. Благодаря высокой летучести ИПС при высыхании полностью улетучивается, что позволяет после нанесения быстро сформировать сухую однородную пленку, поэтому после испарения растворителя на поверхности продукта остается только активное вещество – твМДГЖК – липидная пленка без посторонних примесей.

Основными причинами снижения качества продукции являются микробиологическая порча и окислительные реакции, протекающие на поверхности продукта. Поверхность продукта – зона наиболее активного контакта с кислородом и микроорганизмами, поэтому включение антимикробных веществ в состав пленкообразующих покрытий становится ключевым инструментом сохранения его качества. Такие покрытия работают по принципу контролируемого высвобождения: антимикробный компонент медленно диффундирует к поверхности продукта, а также обеспечивает локальное действие – высокая концентрация антимикробного компонента именно там, где это необходимо (на поверхности). Таким образом, антимикробные покрытия представляют собой эффективную и целенаправленную форму доставки антимикробных веществ, способствующую замедлению развития патогенных микроорганизмов, продлению срока хранения и сохранению качества пищевых продуктов. В качестве антимикробных веществ в пленкообразующем покрытии были рассмотрены органические кислоты, поскольку они обладают способностью подавлять рост широкого спектра микроорганизмов (молочная, лимонная, яблочная, уксусная и др.) [16-19]. Органические кислоты действуют за счет снижения pH на поверхности продукта и проникновения в клетки микроорганизмов в недиссоциированной форме, где они диссоциируют, нарушая внутриклеточный pH и метаболические процессы, что приводит к подавлению роста или гибели микроорганизмов. Органические кислоты обладают синергетическим эффектом в сочетании с липидами, усиливая барьерные свойства покрытия. Таким образом, органические кислоты являются предпочтительным выбором для разработки безопасных и эффективных антимикробных пленкообразующих покрытий, направленных на продление срока хранения и повышение микробиологической безопасности томатов свежих [20-24].

Вывод. Применение антимикробных пленкообразующих покрытий является перспективным подходом к продлению срока хранения томатов свежих. Сочетание липидных компонентов (твМДГЖК) с органическими кислотами позволяет одновременно замедлить физиологические процессы и подавить развитие микрофлоры. Покрытия на основе твМДГЖК, наносимые с использованием изопропилового спирта, образуют однородную устойчивую пленку, эффективно снижающую испарение влаги и дыхание. Органические кислоты усиливают защитный эффект, обеспечивая целенаправленное антимикробное действие. Тема дальнейших исследований – оптимизация состава антимикробных пленкообразующих покрытий, изучение их влияния на органолептические, биохимические свойства, микробиологическую обсемененность.

Литература

1. Oyom W., Zhang Z., Bi Y., Tahergorabi R. Application of starch-based coatings incorporated with antimicrobial agents for preservation of fruits and vegetables: A review. *Progress in Organic Coatings*. 2022;166:106800. <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2022.106800>
2. Liyanapathirana A., Dassanayake R.S., Gamage A., Karri R.R., Manamperi A., Evon P., Merah O. Recent developments in edible films and coatings for fruits and vegetables. *Coatings*. 2023;13(7):1177. <https://doi.org/10.3390/coatings13071177>
3. Ильина А.В., Шагдарова Б.Ц., Зубарева А.А., Варламов В.П. Функциональные покрытия на основе хитозана для послеуборочной обработки томатов. Прикладная биохимия и микробиология. 2024;60(2):123-133. <https://doi.org/10.31857/S055109924020019>
4. Ilyina A.V., Shagdarova B.Ts., Zubareva A.A., Varlamov V.P. Functional coatings based on chitosan for post-harvest processing of tomatoes. *Applied Biochemistry and Microbiology*. 2024;60(2):123-133. (In Russ.) <https://doi.org/10.31857/S055109924020019>
5. Kocira A., Kozłowicz K., Panasiewicz K., Staniak M., Szpunar-Krok E., Horthyńska P. Polysaccharides as edible films and coatings: Characteristics and influence on fruit and vegetable quality—A review. *Agronomy*. 2021;11(5):813. <https://doi.org/10.3390/agronomy11050813>
6. Xiao Q. Coating and film-forming properties: Food hydrocolloids: Functionalities and applications, May 19, Singapore: Springer Singapore, 2021, 67-306. https://doi.org/10.1007/978-981-16-0320-4_8
7. Chaudhari A.K., Das S., Dwivedi A., Dubey N.K. Application of chitosan and other biopolymers based edible coatings containing essential oils as green and innovative strategy for preservation of perishable food products: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2023;253:127688. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.127688>
8. Chettri S., Sharma N., Mohite A.M. Edible coatings and films for shelf-life extension of fruit and vegetables. *Biomaterials advances*. 2023;154:213632. <https://doi.org/10.1016/j.bioadv.2023.213632>
9. Dai L., Wang X., Mao X., He L., Li C., Zhang J., Chen Y. Recent advances in starch-based coatings for the postharvest preservation of fruits and vegetables. *Carbohydrate Polymers*. 2024;328:121736. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2023.121736>
10. Rux G., Labude C., Herppich W.B., Geyer M. Investigation on the potential of applying bio-based edible coatings for horticultural products exemplified with cucumbers. *Current Research in Food Science*. 2023;6:100407. <https://doi.org/10.1016/J.CRFS.2022.100407>
11. Arcot Y., Mu M., Lin Y.T., DeFlorio W., Jebrini H., Kunadu A.P.H., Akbulut M.E. Edible nano-encapsulated cinnamon essential oil hybrid wax coatings for enhancing apple safety against food borne pathogens. *Current Research in Food Science*. 2024;8:100667. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2023.100667>
12. Fernandez-Munoz R., Heredia A., Domínguez E. The role of cuticle in fruit shelf-life. *Current Opinion in Biotechnology*. 2022;78:102802. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2022.102802>
13. Pashova S. Application of plant waxes in edible coatings. *Coatings*. 2023;13(5):911. <https://www.mdpi.com/2079-6412/13/5/911>
14. Melchior S., Plazzotta S., Calligaris S., Manzocco A.L. Mono- and Diglycerides. *Fat Mimetics for Food Applications*. 2023:88-111. <https://doi.org/10.1002/9781119780045.ch6>
15. Schick D., Link K., Schwack W. Analysis of mono-, di-, triacylglycerols, and fatty acids in food emulsifiers by high-performance liquid chromatography–mass spectrometry. *European Food Research and Technology*. 2021;247:1023-1034. <https://doi.org/10.1007/s00217-021-03684-3>

15. Першакова Т.В., Купин Г.А., Яковлева Т.В., Алёшин В.Н. Влияние обработки яблок липидным пленкообразующим раствором на потерю массы при хранении. *Известия высших учебных заведений. Пищевая технология*. 2024;2-3(396):55-59. <https://doi.org/10.26297/0579-3009.2024.2-3.9>

Pershakova T.V., Kupin G.A., Yakovleva T.V., Alyoshin V.N. The Effect of Apple Treatment with a Lipid Film-Forming Solution on Mass Loss during Storage. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedeniy. Pishchevaya Tekhnologiya*. (In Russ.) 2024;2-3(396):55-59. <https://doi.org/10.26297/0579-3009.2024.2-3.9>

16. Gupta S., Ghoshal G., Arya R.K. Antimicrobial Coatings for Fruits and Vegetables. *Functional Coatings for Biomedical, Energy, and Environmental Applications*. 2024:543-569. <https://doi.org/10.1002/9781394263172.ch22>

17. Jin T.Z., Fan X., Mukhopadhyay S. Antimicrobial coating with organic acids and essential oil for the enhancement of safety and shelf life of grape tomatoes. *International Journal of Food Microbiology*. 2022;378:109827. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2022.109827>

18. Kumar L., Tyagi P., Lucia L., Pal L. Innovations in Edible Packaging Films, Coatings, and Antimicrobial Agents for Applications in Food Industry. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2025;24(4):e70217. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.70217>

19. Giannakourou M.C., Tsironi T.N. Application of processing and packaging hurdles for fresh-cut fruits and vegetables preservation. *Foods*. 2021;10(4):830. <https://doi.org/10.3390/foods10040830>

20. Coban H.B. Organic acids as antimicrobial food agents: Applications and microbial productions. *Bioprocess and Biosystems Engineering*. 2020;43(4):569-591. <https://doi.org/10.1007/s00449-019-02256-w>

21. Shehata S.A., Abdelrahman S.Z., Megahed M.M. et al. Extending shelf life and maintaining quality of tomato fruit by calcium chloride, hydrogen peroxide, chitosan, and ozonated water. *Horticulture*. 2021;7(9):309. <https://doi.org/10.3390/horticulturae7090309>

22. Hasan M.U., Singh Z., Shah H.M.S. et al. Oxalic acid: A blooming organic acid for postharvest quality preservation of fresh fruit and vegetables. *Postharvest Biology and Technology*. 2023;206:112574. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2023.112574>

23. Mukhopadhyay S., Ukuku D.O., Olanya O.M. et al. Effects of pulsed light and aerosolized formic acid treatments on inactivation of *Salmonella enterica* on cherry tomato, reduction of microbial loads, and preservation of fruit quality. *Food Control*. 2022;136:108667. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.108667>

24. Chen C., Sun C., Wang Y. et al. The preharvest and postharvest application of salicylic acid and its derivatives on storage of fruit and vegetables: A review. *Scientia Horticulturae*. 2023;312:111858. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.111858>

УДК 664.8

ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЙ ЦВЕТА В ПРОЦЕССЕ УВАРИВАНИЯ ПЮРЕ ИЗ СЛАДКОГО ПЕРЦА И ПЮРЕ ИЗ ЯБЛОК

Котвицкая Д.В., аспирант,
Першакова Т.В., д-р техн. наук, доцент

Краснодарский научно-исследовательский институт хранения и переработки сельскохозяйственной продукции – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия» (Краснодар)

Реферат. С целью изучения перспектив замены яблочного пюре на пюре из сладкого перца при производстве зефира, представлены результаты изучения изменения цвета пюре из сладкого перца и пюре из яблок в процессе уваривания, определенные по шкале L*A*B* (CIELAB). Результаты исследований будут использованы для разработки на их основе рецептуры и технологии получения зефира функциональной направленности для диетического питания на основе нетрадиционного растительного сырья.

Ключевые слова: перец сладкий, яблоки, пюре, уваривания, шкала L*A*B* показатели качества, органолептические показатели.

Summary. In order to study the prospects of replacing apple puree with sweet pepper puree in the production of marshmallows, the results of studying the color change of sweet pepper puree and apple puree during the boiling process, determined using the L*A*B* (CIELAB) scale, are presented. The research results will be used to develop a functional marshmallow recipe and technology for dietary nutrition based on non-traditional plant raw materials.

Keywords: sweet pepper, apples, puree, boiling, L*A*B* scale, quality indicators, organoleptic indicators.

Введение. Ежегодный рост потребления кондитерских изделий свидетельствует о стабильном спросе и развитии сегмента, что может быть связано с ростом уровня доходов населения, изменением вкусовых предпочтений и необходимостью расширения ассортимента продукции [1]. Яблочное пюре – основной компонент классической рецептуры зефира. Плоды сладкого перца выступают источником биологически активных веществ для обогащения функционального продукта питания. Введение пюре перца при приготовлении зефира позволит кардинально повысить его биологическую ценность, превратив продукт в источник витаминов [2]. Использование сладкого перца для обогащения зефира является научно и технологически обоснованным. Замена части яблочного пюре на пюре из сладкого перца – технологически реализуемая задача, позволяющая сохранить основные процессы структурообразования. Относительно нейтральный вкус и аромат яблочного пюре-основы позволяет ввести специфические, но приятные ноты сладкого перца без их полного подавления, создавая уникальный вкусоароматический букет.

В связи с этим, цель данной работы – определить оптимальные параметры приготовления пюре из сладкого перца, в данном случае, для получения однородного приятного цвета, на основе изучения динамики показателей в процессе уваривания в сравнении с традиционным яблочным пюре.

Объекты и методы исследований: Исследования проводились в отделе хранения и комплексной переработки сельскохозяйственного сырья КНИИХП – филиала ФГБНУ СКФНЦСВВ.

Для проведения лабораторных экспериментов одну партию пюре разделили на 10 проб. Уваривание проводили при +100-105°C с интервалом 10 мин (0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 мин).

Органолептическую оценку для определения функционально-технологических свойств образцов пюре проводили в соответствии с ГОСТ ISO 6658-2016 «Органолептический анализ. Методология. Общее руководство» [3] и ГОСТ 32742-2014 «Полуфабрикаты. Пюре фруктовые и овощные консервированные асептическим способом. Технические условия» [4].

Методика определения цвета по шкале $L^*a^*b^*$ (CIELAB) для пюре основана на инструментальном измерении цвета образца с помощью спектрофотометра и выражении результатов в виде трех координат: L (светлота), a (баланс между зеленым и красным) и b (баланс между синим и желтым).

Для образцов с лучшими органолептическими показателями определили цвет по шкале $L^*a^*b^*$, которая состоит из трех координат:

–L (Lightness)* - отражает светлоту цвета, значения L^* варьируются от 0 (черный) до 100 (белый);

–a (Green-Red)* - отражает баланс между зеленым и красным цветом, положительные значения a^* соответствуют красному цвету, отрицательные значения a^* - зеленому цвету;

–b (Blue-Yellow)* - отражает баланс между синим и желтым цветом, положительные значения b^* соответствуют желтому цвету, отрицательные значения b^* - синему цвету.

Для измерения цвета пюре по шкале $L^*a^*b^*$ использовали спектрофотометр.

Этапы определения указаны в табл. 1.

Таблица 1 – Этапы определения цвета по шкале $L^*a^*b^*$

Этап	Операция	Действия	Достижимый результат
Подготовка образца	гомогенизация	тщательное перемешивание	достижение полной однородности, устранение пузырьков воздуха
	заполнение кюветы	помещение в оптическую кювету с фиксированной толщиной слоя	заполнение кюветы
	контроль температуры	измерение проводится при стандартной температуре (25°C ± 1°C).	измерение температуры
Калибровка прибора	калибровка спектрофотометра/	калибруется по стандартным белой и черной плиткам	Достижение максимальной точности измерений
Параметры измерения		источник света	D65 (дневной свет, 6500K)
		угол наблюдения	10°.
		режим отражения	Diffuse illumination / 8° viewing
		апертура	8 мм (для минимизации влияния неоднородностей)

Определение цвета происходило следующим образом:

Кювета помещалась в прибор, проводилось измерение в 3-х кратной повторности в разных точках сразу после приготовления образца (для предотвращения окисления). Затем регистрировали средние значения L^* , a^* , b^* .

Обсуждение результатов.

Значения Lab^* для исследуемых пюре (ориентировочные значения):

–яблочное пюре: $L^* = 70-85$, $a^* = -3$ to $+3$, $b^* = 10-25$

–пюре из сладкого перца (красный): $L^* = 40-60$, $a^* = 20-40$, $b^* = 20-40$

Значения Lab^* для исследуемых пюре (полученные значения для пюре до уваривания):

–яблочное пюре: $L^* = 80$, $a^* = +2$, $b^* = 15$

–пюре из сладкого перца (красный): $L^* = 55$, $a^* = 35$, $b^* = 30$

После уваривания наблюдались постепенные изменения значений Lab^* .

Общие тенденции при уваривании:

–потемнение пюре – L^* снижается;

–усиление красного – a^* увеличивается;

–снижение желтого – b^* снижается.

На рисунке 1 представлены изменения в уваренном пюре по сравнению со свежим.

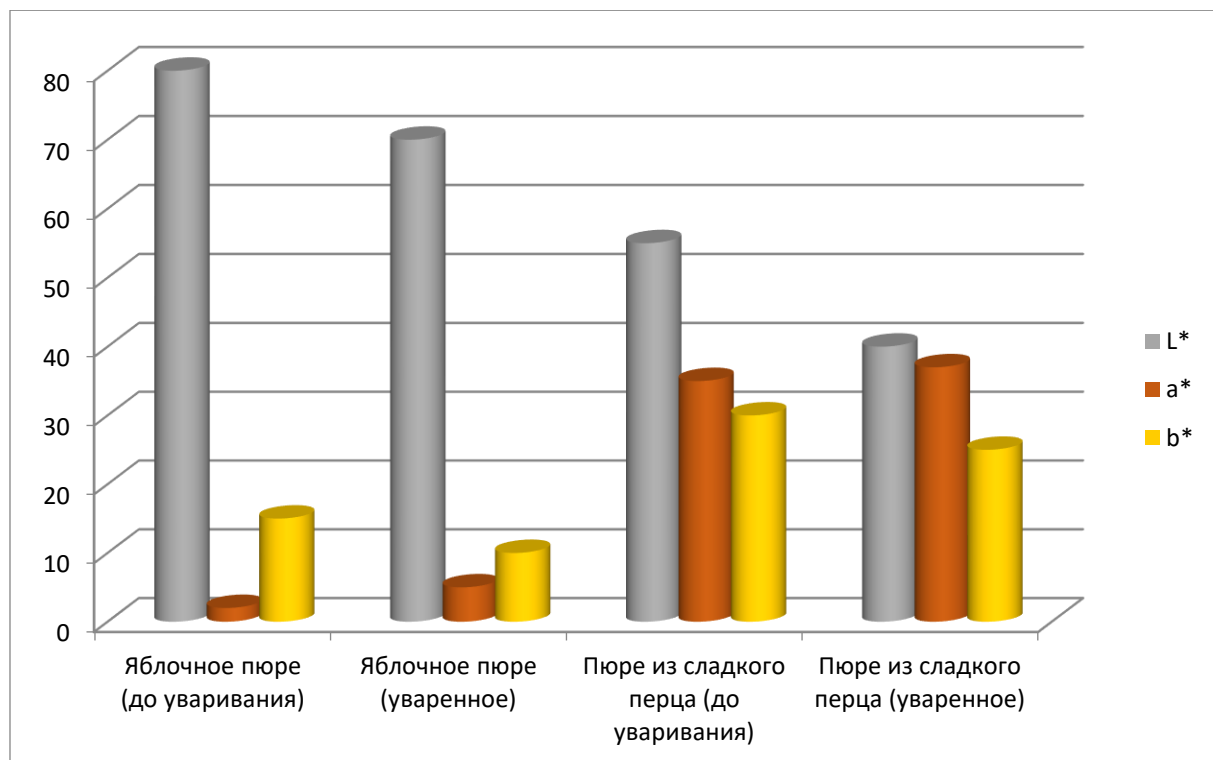


Рис. 1. Значения Lab^* для исследуемых пюре

Также необходимо отметить, что изменения происходят постепенно и более выражены при более длительном уваривании.

Изменения в цвете не линейны. Например, в начале уваривания изменения более быстрыми, а затем замедляться.

Показатели $L^*a^*b^*$ для пюре в зависимости от времени уваривания представлен в таблицах 2 и 3.

Таблица 2 – Показатели L*a*b* для яблочного пюре

Образец	Время уваривания (мин)	L*	a*	b*	Описание
1	0	80	+2,0	15	пюре до уваривания
2	10	78	+2,5	14	небольшое потемнение, чуть больше красного
3	20	76	+3,0	13	заметнее потемнение, чуть больше красного, меньше желтого
4	30	74	+3,5	12	более выраженное потемнение, усиление красного, снижение желтого
5	40	72	+4,0	11	продолжение потемнения, усиление красного, снижение желтого
6	50	70	+4,5	10	значительное потемнение, заметное усиление красного, снижение желтого
7	60	68	+5,0	9	более выраженное потемнение, усиление красного, снижение желтого
8	70	66	+5,5	8	потемнение, усиление красного, снижение желтого
9	80	64	+6,0	7	сильное потемнение, заметное усиление красного, выраженное снижение желтого
10	90	62	+6,5	6	максимальное потемнение, усиление красного, выраженное снижение желтого

Таблица 3 – Показатели L*a*b* для пюре из сладкого перца

Образец	Время уваривания (мин)	L*	a*	b*	Описание
1	0	55	35	30	пюре до уваривания
2	10	53	36	29	небольшое потемнение, чуть больше красного, меньше желтого
3	20	51	37	28	заметнее потемнение, чуть больше красного, меньше желтого
4	30	49	38	27	более выраженное потемнение, усиление красного, снижение желтого
5	40	47	39	26	продолжение потемнения, усиление красного, снижение желтого
6	50	45	40	25	значительное потемнение, заметное усиление красного, снижение желтого
7	60	43	41	24	более выраженное потемнение, усиление красного, снижение желтого
8	70	41	42	23	потемнение, усиление красного, снижение желтого
9	80	39	43	22	сильное потемнение, заметное усиление красного, выраженное снижение желтого
10	90	37	44	21	максимальное потемнение, усиление красного, выраженное снижение желтого

Вывод. Таким образом, можно выделить следующие закономерности в зависимости от времени уваривания для пюре из перца:

- снижается L^* (с 55 до 37), что объясняется концентрированием пигментов и протеканием процесса карамелизации;

- a^* увеличивается из-за проявления антоцианов при нагреве;

- b^* снижается из-за разрушения желтых пигментов.

Для пюре из яблок:

- L^* снижается из-за неферментативного потемнения;

- a^* из-за образования меланоидинов (в результате реакции Майяра) ;

- b^* снижается из-за окисления полифенолов и разрушения каротиноидов.

Для того чтобы свести к минимуму изменения цвета для пюре из перца сладкого необходимо сокращение времени тепловой обработки (<60 мин); добавление антиоксиданта (0,05 % лимонная кислота). Для пюре из яблок – подкисление до $pH < 3,5$ (0,05 % лимонная кислота); использование вакуумного уваривания (60-70°C).

Литература

1. Ростовский аналитический центр «Рынок кондитерских изделий в РФ», 2023. [Электронный ресурс] / URL: <https://gauriac.donland.ru/> (дата обращения: 26.06.2025)
2. Антипова Н. Ю. Диетические и лекарственные свойства перца сладкого // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2021. №8-1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/dieticheskie-i-lekarstvennye-svoystva-perts-sladkogo> (дата обращения: 29.06.2025).
3. ГОСТ ISO 6658-2016 // Органолептический анализ. Методология. Общее руководство - URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/62936/> (дата обращения: 29.06.2025).
4. ГОСТ 32742-2014 // Полуфабрикаты. Пюре фруктовые и овощные консервированные асептическим способом. Технические условия - URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/57613/> (дата обращения: 29.06.2025).

УДК 641.887.5.018.1/9(083)(72):635.64:634.775

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИЙ И ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА МЕКСИКАНСКИХ КЕТЧУПОВ

Эспиноса Арсате Синтия Вероника, аспирант,
Евдокимова О.В., д-р техн. наук, профессор,
Елфимова Е.А., преподаватель общественных дисциплин
ИЦК гуманитарных и социально-экономических дисциплин

ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина»
(Орел)

Реферат Проведен анализ литературных источников, который показал, что в Мексике термины и их определения, требования к показателям качества кетчупов регламентируются в Стандарте Мексиканской Федерации, который предусматривает выпуск кетчупа двух типов. Приведена рецептура, этапы технологии производства кетчупов и требования к их физико-химическим показателям. Рассмотрена возможность введения муки нопала семейства кактусовых в рецептуру кетчупов с целью оптимизации технологии производства и повышения показателей качества готового продукта. Приведены данные по использованию нопала в пищевых производствах, проанализирован потенциал и обоснована перспективность его дальнейшего использования благодаря уникальным свойствам овоща нопал.

Ключевые слова: Мексика, нопал, сельскохозяйственное сырье, кетчуп, рецептура, технологии производства

Summary The analysis of literary sources has shown that in Mexico the terms and their definitions, requirements for ketchup quality indicators are regulated in the Standard of the Mexican Federation, which provides for the production of two types of ketchup. The recipe, stages of ketchup production technology and requirements for their physical and chemical indicators are given. The possibility of introducing nopal flour of the cactus family into the ketchup recipe in order to optimize the production technology and improve the quality indicators of the finished product is considered. Data on the use of nopal in food production are given, the potential is analyzed and the prospects for its further use are substantiated due to the unique properties of the nopal vegetable.

Key words: Mexico, nopal, agricultural raw materials, ketchup, recipe, production technologies

Введение. Наука о питании представляет собой междисциплинарную область исследований, изучающую свойства, состав и структуру пищевых продуктов, а также процессы переработки сельскохозяйственного сырья, технологии производства и хранения. Во всех странах мира данная отрасль науки играет ключевую роль в обеспечении безопасности и качества продовольствия, способствуя разработке инновационных технологий, направленных на повышение пищевой ценности продукции и удовлетворение потребительского спроса [1].

Кетчуп является популярным видом соуса, широко востребованным потребителями различных стран мира. Аспиранты направления 4.3.3 «Пищевые системы», представляющие разные страны, включая Мексику, проходят обучение в высших учебных заведениях Российской Федерации и занимаются решением проблем, связанных с разработкой технологий инновационных пищевых продуктов, способствующих повышению её пищевой ценности и конкурентоспособности посредством внедрения традиционных и нестандартных видов сырья. Так, одна из аспиранток из Мексики

занимается исследованием ассортимента мексиканских и российских кетчупов, оценивая их компонентный состав и технологический процесс производства.

Объекты и методы исследований. Объектом исследования является мексиканский кетчуп I типа (обычный)

Методы исследования. *Анализ предметной области:* изучены теоретические основы, используемые в соответствующей научной области.

Систематический обзор литературы: проведен обзор и анализ существующих научных публикаций по теме исследования, определены направления дальнейших исследований.

Обсуждение результатов. Согласно нормативному документу Мексиканской федерации Стандарт NMX-F-346-1980 «Соус томатный — кетчуп», кетчуп определяется как продукт, изготавливаемый из свежего сока и мякоти высококачественных спелых томатов вида *Lycopersicon esculentum* L., прошедших процесс концентрации и дополненных уксусом, пищевыми сахарозаменителями, йодомированной солью, пряностями и ароматическими добавками, обработанными термически перед упаковкой либо после неё [10].

Особенности технологий мексиканских кетчупов заключаются в том, что в качестве основы используется томатное пюре, остальные ингредиенты используют в виде порошков. Выпускают кетчупы двух типов: Тип I – нормальный, тип II – пряный. Рецепт I типа кетчупа приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Рецепт I типа кетчупа

Ингредиент	Количество (г)	%
Томатное пюре	500	72,706
Сахар	100	14,541
Соль	15	2,181
Лук в порошке	8	1,163
Чеснок в порошке	4	0,582
Корица в порошке	0,5	0,073
Гвоздика в порошке	0,2	0,029
Белый уксус	60	8,725
Итого	687,70	100,000

В томатное пюре вводят все ингредиенты по рецептуре, смесь нагревают, доводят до кипения, термическая обработка проводится в течение трех минут при постоянном помешивании. В конце варки добавляют белый уксус и варят дополнительно до достижения необходимой концентрации. Готовый кетчуп в горячем виде разливают в предварительно подготовленную стеклянную тару и дополнительно подвергают термической обработки. Готовый кетчуп имеет однородную консистенцию, вкус кисло-сладкий, для кетчупа II типа выраженный пряный, запах с выраженным ароматом томатных продуктов, цвет характерный красный со слабым коричневым оттенком.

Физико-химические характеристики и терминология в отношении кетчупа демонстрируют значительные различия между мексиканским и российским стандартами. Согласно стандарту Мексики NMX-F-346-1980, установлены следующие требования к основным параметрам продукта: максимальная влажность составляет 75 %, максимальное количество сухих веществ – 27 %, минимальное содержание белка – 1,5 %. Кислотность, выраженная в эквиваленте уксусной кислоты, должна находиться ниже уровня 2,5 %; показатель содержания золы ограничен значением 4,5 %, хлоридов – не превышает 4 %, а пектинов в расчете на сухое вещество – не более 3,5 %.

Нами для повышения качества кетчупов с целью сокращения продолжительности уваривания томатного пюре с ингредиентами для снижения влажности и увеличения доли сухих веществ предлагается вводить муку нопала семейства кактусовых [3]. В Мексике в

настоящее время наблюдается тенденция к увеличению продуктивности нопала, что связано с высокой пищевой ценностью и востребованностью этого вида овощей [4, 11].

За последние 10 лет в стране посевные площади этого овоща увеличились всего на 2,6 процента, но объем производства увеличился на 23 процента, что свидетельствует о том, что это культура, модернизировалась и повысила свою продуктивность [12].

Нопал растет в условиях экстремальных температур и нерегулярных осадков, адаптируется к изменениям уровня CO₂ в атмосфере. Для промышленного производства используют виды: *Opuntia ficus indica*, *O. amyclaea*, *O. хосконстле*, *O. megacantha* и *O. streptacantha*. Из них только *Opuntia ficus indica* культивируется в разных частях мира [2,9].

Существует множество способов переработки нопала, наиболее распространены сушка и замораживание. Для сушки используются вальцовые и распылительные сушилки, или естественную солнечную сушку [5, 7].

Сушеный нопал используется для изготовления муки, из плодов кактуса вырабатывают соки, производят снеки и пр. [6]. В Мексике большое внимание уделяется способам упаковки и пастеризации соков. Одним из способов переработки кактуса является получение натуральных пигментов, которые заменяют синтетические красители. Проводятся исследования влияния условий сушки на реологические свойства восстановленных растворов слизи, которая находят применение в пищевой промышленности в качестве загустителя [8].

Проведенные исследования периодической, нормативной и технической документации показали, что использование нопала в пищевых технологиях, включая производство кетчупов, является перспективным направлением благодаря уникальным свойствам этого овоща, которое характеризуется высокой пищевой ценностью, устойчивостью к экстремальным климатическим условиям, что делает его востребованным сырьевым ингредиентом для создания пищевых продуктов с заданными характеристиками. К преимуществам нопала можно отнести высокое содержание витаминов, минеральных веществ и антиоксидантов, значительное содержание клетчатки способствует улучшению пищеварения и снижению уровня холестерина, обладает низким гликемическим индексом, приемлем для диетического питания.

При производстве кетчупов использование нопала позволяет создать уникальный продукт с высокой пищевой ценностью и характерными органолептическими характеристиками, что открывает новые возможности для производителей и потребителей, особенно в регионах с ограниченными ресурсами традиционных сельскохозяйственных культур.

Таким образом, включение нопала в пищевые технологии способствует расширению ассортимента продукции, удовлетворяя потребности рынка здорового питания и обеспечивая устойчивость агропромышленного сектора Мексики.

Вывод

1. Кетчуп согласно стандарту Мексики изготавливается из качественного концентрированного томатного сока с добавлением уксуса, заменителей сахара, соли, специй и ароматизаторов, продукт выпускается в двух вариантах: обычный (Тип I) и пряный (Тип II). Основой является томатное пюре, дополнительные компоненты используются в виде порошков.

2. Процесс производства кетчупа включает смешивание ингредиентов, кипячение смеси, добавление белого уксуса и доведение до нужной консистенции, фасования в горячую стеклянную тару с дополнительной термообработкой. Кетчуп обладает однородной структурой, кисло-сладким вкусом и специфическим запахом. Физико-химические показатели регламентируются стандартом Мексики NMX-F-346-1980, определяющим нормы влажности, кислотности, количества белков, золы, хлоридов и пектинов.

3. В Мексике отмечается рост продуктивности нопала благодаря повышению урожайности при незначительном увеличении посевных площадей, овощ отличается

устойчивостью к неблагоприятным климатическим условиям и высоким уровнем адаптации. Основные промышленные сорта включают *Opuntia ficus indica*,

4. Исследования подтвердили перспективность использования нопала в пищевых технологиях, включая производство кетчупов, благодаря его высокой пищевой ценности, устойчивости и неприхотливости. Применение нопала позволяет создавать уникальные продукты с высокими потребительскими характеристиками, способствуя развитию отрасли и удовлетворению спроса на продукты здорового питания.

Литература

1. Badui, D. (2012). La ciencia de los alimentos en la práctica. México: Editorial Pearson Educación. / Наука о еде и практика. Мексика
2. Barbera, G. 1995. History, economic and agro-ecological importance. In: Agro-ecology, Cultivation and Uses of Cactus Pear. Barbera, G., P. Inglese, E. Pimienta, and E. Arias. (eds). FAO. Roma. pp: 1-11. / Историческое, экономическое и агроэкологическое значение. В: Агроэкология, выращивание и использование кактусовой груши
3. C. Barros. El maravilloso nopal. Sus propiedades alimenticias y curativas. Ed Grijalbo, 1998. Pag 51 a 63. / Чудесный нопаль
4. Calixto Escobar, N. (2017). En Nopal Mexica: “De la raíz mexicana, vida, salud y manjar”. En Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación; Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura; Coordinadora Nacional de las Fundaciones Produce, AC. (eds). En Innovar para Competir 40 Casos de éxito. / В Nopal Mexica: «Из мексиканских корней — жизнь, здоровье и деликатес»
5. Durán, G, et al. (2011). Ensayos de secado de nopalito (*Opuntia ficus indica* l. millar) en un secador solar pasivo de uso doméstico. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*. 2011. / Испытания по сушке нопалито (*Opuntia ficus indica* L. millar) в пассивной солнечной сушилке для бытового использования.
6. Escobar Rodríguez, Luz María (2017). Optimización de barra de nopal de “alto contenido de fibra” [En Línea] (Tesis Doctoral). Universidad Autónoma de Barcelona Departamento de Ciencia Animal y Alimentos. Bellaterra, 2017, pp 57. [Consulta: 29 de Julio de 2020]. Disponible en: https://ddd.uab.cat/pub/tesis/2017/hdl_10803_461074/lmer1de1.pdf / Оптимизация кактусового батончика с высоким содержанием клетчатки
7. Gharsallaoui, A., Roudaut, G., Chambin, O., Voille, A., Saurel, R. 2007. Applications of spray-drying in microencapsulation of food ingredients: An overview. *Food Res. Int.* 40(9): 1107–1121 / Применение распылительной сушки при микрокапсулировании пищевых ингредиентов
8. León-Martínez, F. M.; J. Rodríguez-Ramírez; L. L. Medina-Torres; L. L. Méndez Lagunas and M. J. Bernad-Bernad. 2011. Effects of drying conditions on the rheological properties of reconstituted mucilage solutions (*Opuntia ficus-indica*). *Carbohydrate Polymers*, 84(1): 439–445. / Влияние условий сушки на реологические свойства восстановленных растворов слизи (*Opuntia ficus-indica*)
9. Martínez, M. 1979. Catálogo de nombres Vulgares y Científicos de Plantas Mexicanas. Fondo de Cultura Económica. México. 1247 p. / Каталог общепринятых и научных названий мексиканских растений
10. NMX-F-346-1980 SALSA DE TOMATE (Томатный соус кетчуп)
11. Saenz, C., y ot , M. 2006. Utilización Agroindustrial del nopal. Boletín de Servicios Agrícolas de la FAO 162. FAO-AGST y FAOACTUSNET, Roma. / Агропромышленное использование нопала
12. <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/crece-en-mexico-el-consumo-y-produccion-de-nopal-agricultura?idiom=es>

УДК 631.57

**БИОХИМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЕЛЬДЕРЕЯ
В РАЗРАБОТКЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАПИТКА****Балян К.Д., студент,
Слипченко Е.В., канд. техн. наук***ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина»
(Краснодар)*

Реферат. В статье приведено биохимическое обоснование использования сельдерея в разработке функционального напитка. В условиях растущего интереса к здоровому образу жизни как в России, так и за границей, разработка функциональных продуктов питания и их составляющих становится ключевым вектором развития пищевой индустрии [1]. Все больше внимания в здоровом питании уделяется увеличению доли растительной пищи, насыщенной полезными веществами. Это стимулирует потребность в разнообразном и качественном растительном сырье для изготовления широкого спектра продуктов. Травянистые растения, благодаря своим ценным потребительским свойствам, могут служить прекрасным источником такого сырья. Одним из перспективных видов сырья является сельдерей, отличающийся богатым углеводным составом. Сельдерей, также известный как любисток, – это овощная культура, обладающая высокой пищевой ценностью и целым рядом полезных качеств. Будучи низкокалорийным овощем, содержащим до 95 % воды, сельдерей изобилует витаминами С, К, А, Е, РР и группы В. Например, в ста граммах продукта содержится 8 мг витамина С. Кроме того, в его состав входят кальций, магний, железо, калий, цинк, селен и двенадцать различных антиоксидантов. Растение также богато насыщенными жирными кислотами, микро- и макроэлементами, такими как железо, калий, фосфор и магний. Благодаря своему насыщенному составу биологически активных компонентов сельдерей находит широкое применение в диетическом рационе и в создании фармацевтических препаратов.

Ключевые слова: функциональный напиток, сельдерей, биохимия, соки.

Summary. The article presents a biochemical justification for the use of celery in the development of a functional beverage. In the context of the growing interest in a healthy lifestyle both in Russia and abroad, the development of functional food products and their components has become a key vector for the food industry's growth. Increasing attention is being paid to enhancing the share of plant-based foods that are rich in beneficial substances within healthy eating. This stimulates the need for diverse and high-quality plant raw materials for producing a wide range of products. Herbaceous plants, due to their valuable consumer properties, can serve as an excellent source of such raw materials. One promising type of raw material is celery, which is characterized by a rich carbohydrate composition. Celery, also known as lovage, is a vegetable crop with high nutritional value and a number of beneficial qualities. Being a low-calorie vegetable containing up to 95 % water, celery is rich in vitamins C, K, A, E, PP, and B group vitamins. For example, there are 8 mg of vitamin C in one hundred grams of the product. In addition, it contains calcium, magnesium, iron, potassium, zinc, selenium, and twelve different antioxidants. The plant is also rich in saturated fatty acids, micro- and macroelements such as iron, potassium, phosphorus, and magnesium. Due to its rich composition of biologically active components, celery is widely used in dietary diets and in the creation of pharmaceutical preparations.

Key words: functional drink, celery, biochemistry, juices.

Введение. Соки играют незаменимую роль в рационе питания людей во всем мире. Наиболее ранние письменные упоминания о них встречаются в трудах древнегреческих авторов. Из исторических источников известно, что греки и римляне применяли соки фруктовых деревьев не только как продукт питания, но и в качестве лечебного средства при некоторых заболеваниях, сохраняя их на длительный срок. Употребление соков было распространено также в Древнем Китае и Древней Руси. Для продолжительного хранения наши предки подвергали сок, выжатый из свежих плодов и ягод, термической обработке, а затем добавляли различные ингредиенты для улучшения вкуса.

В советский период соки пользовались не меньшей популярностью. В Советском Союзе ежегодно производилось приблизительно 550 миллионов литров соковой продукции. Основной ассортимент состоял из яблочных и томатных соков и нектаров, которые разливались в стеклянные банки объемом 1 и 3 литра с применением технологии пастеризации. Начиная с 1992 года на российском рынке наблюдалась активная экспансия импортных соков в современной картонной асептической упаковке, что стимулировало развитие отечественной соковой индустрии. В 90-е годы также стало распространенным употребление соков из экзотических фруктов, таких как апельсины и ананасы, на праздничных мероприятиях.

В первое десятилетие 21 века российский соковый рынок динамично развивался. После экономического кризиса 1998 года многие иностранные компании ушли с российского рынка, открыв возможности для роста и укрепления позиций местных производителей. Овощные соки представляют собой ценную альтернативу для тех, кто стремится поддерживать здоровый образ жизни, поскольку они обеспечивают организм концентрированной дозой питательных веществ и антиоксидантов. В жидкой форме полезные вещества усваиваются более эффективно, поскольку организму не требуется затрачивать энергию на переработку клетчатки и извлечение витаминов. Это позволяет употреблять овощи в больших количествах. Некоторые овощные соки особенно востребованы для быстрого и эффективного восполнения запаса витаминов в организме [2].

Благодаря высокой концентрации полезных веществ и витаминов овощные соки обладают значительной пищевой ценностью. Производство и потребление этих соков неуклонно растет.

Для приготовления аппетитного и полезного овощного напитка первоначально требуется извлечь концентрированный сок. В качестве основы используем морковь и сельдерей. Процесс состоит из нескольких этапов:

1. Подготовка овощей: тщательно промываем морковь и сельдерей, удаляем кожицу и любые дефектные части.
2. Нарезка на части: подготовленные овощи разрезаем на небольшие фрагменты. Размер этих фрагментов должен соответствовать возможностям используемого устройства (соковыжималки или блендера). Крупные куски могут создать засор в соковыжималке, а слишком маленькие – усложнить процесс получения сока.
3. Извлечение сока/приготовление пюре: помещаем нарезанные морковь и сельдерей в соковыжималку (желательно использовать центрифужную модель для наибольшего выхода сока) или в блендер.
4. Получение продукта: в случае соковыжималки получаем сок, а при использовании блендера – более плотное пюре, содержащее клетчатку. Продолжаем процесс до образования однородной массы (либо сока, либо пюре).
5. Корректировка консистенции: полученный концентрат сока или пюре разбавляем питьевой водой до желаемой плотности и вкуса. Объем добавляемой воды определяется индивидуальными предпочтениями: кому-то нравится более плотный напиток, кому-то – более жидкий.

Как итог, мы получаем полезный и вкусный напиток на основе моркови и сельдерея. Выбор между соковыжималкой и блендером влияет на конечную консистенцию: соковыжималка дает прозрачный сок, а блендер – напиток более густой консистенции с волокнами.

Анализ основных биохимических показателей, применяемых при изготовлении основы для напитков, отражен в таблице 1.

Таблица 1 – Биохимические показатели сырья

Показатель	Сырье	
	морковь	сельдерей
Витамин В2, мг/100 г	0,03	0,02
Витамин С, мг/100 г	4,39	8,00
Сухие вещества, %	9,90	15,00
Титруемая кислотность, г/л	2,00	3,50
Пектиновые вещества, %	4,01	4,58
Бета-каротин, мг/кг	180,00	175,00

Данные компоненты отличаются не только выраженным биологическим действием, но и благодаря содержанию ценных нутриентов продлевают годность функциональных напитков.

Указанные свойства благоприятно сказываются на здоровье человека и играют существенную роль в поддержании качества готового изделия.

Объекты и методы исследований. Сельдерей существует в трёх разновидностях: корневой, стеблевой и листовой. Культивируется для получения ароматной зелени, сочных стеблей или крупных корнеплодов. Полученная продукция употребляется в свежем виде, используется в кулинарии, а также подвергается переработке. Каждый из трех видов сельдерея характеризуется уникальным составом витаминов, минералов, аминокислот и других биоактивных соединений. Тем не менее, все типы сельдерея оказывают схожее воздействие на организм человека.

Предметом изучения является стеблевой сельдерей сорта «Малахит», созревающий в среднем за 80–90 дней. Растение достигает 40 см в высоту, обладает темно-зелеными листьями и светло-зелеными стеблями, отличающимися толщиной и мясистостью. Вес растения варьируется от 0,7 до 1,2 кг. «Малахит» характеризуется приятным вкусом и пикантным ароматом. Листья и стебли пригодны для употребления в свежем, сушеном или замороженном виде. Сорт морозоустойчив, выдерживает до -5 °С, требователен к уходу и качеству почвы, нуждается в регулярном поливе. При рассадном способе выращивания посев семян производят в конце февраля. Рассадку высаживают при достижении высоты 12–15 см и наличии 3–5 листьев. С одного квадратного метра собирают до 4 кг зелени. Свежевыжатый сельдереевый сок богат калием, кальцием, магнием и натрием. В его составе присутствует диетическая клетчатка, способствующая насыщению и снижению аппетита. Сок сельдерея обладает множеством полезных свойств благодаря содержанию витаминов (Е, А, РР, группы В), минералов (медь, марганец, магний, цинк, калий, селен, кальций, фосфор, железо, натрий), аминокислот, флавоноидов, клетчатки, эфирных масел и структурированной воды. Регулярное употребление способствует выведению шлаков, токсинов и продуктов распада жиров, укрепляет стенки сосудов, снижает уровень

холестерина, тонизирует организм и повышает устойчивость к стрессу. Продукт оказывает благотворное влияние на почки, иммунную систему, обладает противомикробным действием, служит профилактикой инфаркта, тромбофлебита и инсульта, нормализует водно-солевой баланс и ускоряет метаболизм. Сок оказывает мягкое слабительное, ветрогонное, мочегонное и антитабачное действие. Сельдерей – природный антиоксидант, содержащий апигенин, лютеолин, щавелевую кислоту, флавоноиды и другие вещества.

Благодаря богатому составу сельдерей полезен при анемии, артрите, остеопорозе, бессоннице, гипертонии и простудных заболеваниях. Сок сельдерея продлевает чувство сытости, снижает уровень "плохого" холестерина, показан при простатите и никотиновой зависимости, полезен для профилактики инсультов, инфарктов и тромбофлебитов. Однако, сельдерей содержит кумарин, обладающий как полезными (противовирусным, спазмолитическим, антиоксидантным, успокаивающим, противогрибковым, антикоагулянтным), так и потенциально вредными свойствами. Избыток кумарина может повредить клетки печени и привести к циррозу, а у беременных – к прерыванию беременности [3].

Второй объект изучения – морковь сорта «Нантская», важная овощная культура в России, выращиваемая благодаря благоприятным природным условиям и усилиям селекционеров. Этот сорт легко культивируется на юге и устойчив к болезням. Морковь – полезный и низкокалорийный овощ, богатый витаминами и минералами, необходимыми для нормальной жизнедеятельности организма, пригодный для употребления как в сыром, так и в вареном виде. Морковь, особенно оранжевая, – богатейший источник бета-каротина, предшественника витамина А, и ключевой поставщик этого вещества для организма. В печени бета-каротин преобразуется ферментами в ретинол (витамин А), необходимый для поддержания здоровья различных органов и систем. Прежде всего, ретинол критически важен для зрения. Его дефицит может привести к нарушению адаптации к темноте, известному как "куриная слепота". Кроме того, витамин А поддерживает функционирование сетчатки и предотвращает возрастные изменения внутренней оболочки глаза, действуя синергично с зеаксантином и лютеином, также присутствующими в моркови. Важно помнить, что морковь не решает всех проблем со зрением и не может исправить или предотвратить близорукость/дальнозоркость.

Ретинол также участвует в синтезе белков, окислительно-восстановительных процессах, метаболизме и поддержании иммунитета. Он играет существенную роль в формировании костей, зубов и ногтей, а также эффективен при себорее и ломкости волос, регулируя работу сальных желез. Витамин А крайне важен во время беременности для нормального развития плода и снижения риска преждевременных родов. Он необходим для здоровья кожи, стимулируя синтез коллагена, ускоряя заживление ран и снижая риск инфекций, а также замедляет процессы старения. Бета-каротин – мощный антиоксидант, нейтрализующий свободные радикалы и снижающий риск развития опасных заболеваний, в том числе рака и СПИДа, а также полезен для сердечно-сосудистой системы. Витамин А – жирорастворимый, поэтому для его усвоения морковь рекомендуется употреблять с жирами (маслом, сметаной). Употребление больших доз бета-каротина с алкоголем создает чрезмерную нагрузку на печень. Морковь также содержит витамины группы В, С и Е. Витамин Е способствует усвоению ретинола и улучшает состояние кожи. Витамин С укрепляет сосуды, а витамины группы В участвуют в обмене жиров и кроветворении. Клетчатка в моркови нормализует пищеварение, а калий и магний полезны для сердечно-сосудистой системы. Цинк способствует превращению провитамина А в активную форму. Современные исследования подтверждают лечебные свойства моркови, используемой в

качестве сырья для получения каротина, а также в диетическом питании. Из нее получают клетчатку, глюкозу, лецитин, эфирные и жирные масла. Из семян моркови получают экстракт даукарин, содержащий флавоноиды, который используется в фармацевтике для ослабления приступов стенокардии [3].

Для создания сока из моркови и сельдерея важно предварительно оценить качество как исходных овощей, так и готового сока. Это необходимо для обеспечения точности и надежности исследования, охватывающего измерение каротиноидов, содержания сухих и пектиновых веществ, а также витаминов В2 и С, сахаров и органических кислот. Определение этих параметров проводится с использованием методик, детализированных в таблице 2. Такая предварительная оценка позволяет получить достоверные данные о составе и пищевой ценности продукта. Точные измерения этих показателей важны для контроля качества и соответствия сока установленным стандартам.

Таблица 2 – Методы исследования плодоовощного сырья и готового продукта

Показатель	Нормативный документ
Б	
1	2
Растительное сырье	
Определение бета-каротина	ГОСТ 8756.22-80 «Продукты переработки плодов и овощей. Метод определения каротина»
Метод определения витамина С	ГОСТ 24556-89 «Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения витамина С»
Метод определения витамина В2	ГОСТ 32042-2012 «Премиксы. Методы определения витаминов группы В»
Определение сахаров	ГОСТ 8756.13-87 «Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения сахаров»
Определение сухих веществ	ГОСТ 28561-90 «Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения сухих веществ и влаги»
Титруемая кислотность	ГОСТ ISO 7 5 0 – 2013 «Продукты переработки фруктов и овощей Определение титруемой кислотности»
Метод определения органических кислот	ГОСТ Р 54684-2011 «Определение органических кислот методом обращенно-фазовой высокоэффективной жидкостной хроматографии»
Пектиновые вещества	Кальций- пектатный метод определения
Готовый продукт	
Определение бета-каротина	ГОСТ 8756.22-80 «Продукты переработки плодов и овощей. Метод определения каротина»

Продолжение таблицы 2

1	2
Метод определения витамина С	ГОСТ 31717-2012 «Соки и соковая продукция. Идентификация. Определение аскорбиновой кислоты ферментативным методом»
Метод определения витамина В ₂	ГОСТ 32903-2014 «Продукция соковая. Определение водорастворимых витаминов: тиамина (В ₁), рибофлавина (В ₂), пиридоксина (В ₆) и никотиотиамида (РР)»
Определение сухих веществ	ГОСТ Р 51433-99 «Соки фруктовые и овощные. Метод определения содержания растворимых сухих веществ рефрактометром»
Определение сахаров	ГОСТ Р 51938-2002 Соки фруктовые и овощные. Метод определения сахарозы
Титруемая кислотность	ГОСТ 6687.4-86 Напитки безалкогольные, квасы и сиропы. Методы определения кислотности
Метод определения органических кислот	ГОСТ 33410-2015 Продукция безалкогольная, слабоалкогольная, винодельческая и соковая
Пектиновые вещества	Кальций-пектатный метод определения

Изучение всех показателей проводилось в трехкратной повторности сподсчетом абсолютной погрешности результатов экспериментов [4].

Обсуждение результатов. При разработке собственного безалкогольного напитка было рассмотрено 4 варианта рецептов, соответствующих таблице 3.

Таблица 3 – Подбор композиции функционального напитка

Компоненты	Образцы			
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
Сельдерей, г	30	25	20	15
Морковь, г	70	75	80	85
Вода, мл	100	100	100	100

Во все исследуемые пробы вносилось идентичное количество воды, отвечающей нормам санитарно-эпидемиологических правил и стандартов. Это гарантирует соответствие напитка высоким стандартам качества и безопасности для потребителя.

Главным элементом, который варьировался в процессе экспериментов, стало растительное сырье. Именно его объем оказывает прямое влияние на характеристики продукта, воспринимаемые органами чувств – органолептические свойства [5].

После завершения процесса изготовления овощного сока, обогащенного функциональными компонентами, была выполнена оценка, основанная на списке органолептических параметров. Итоговые данные этой оценки представлены в табл. 4.

Таблица 4 – Дегустационная оценка готового продукта

Показатель	Образец			
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
Внешний вид и цвет	35	20	30	32
Запах (аромат)	40	35	35	40
Консистенция и структура	35	40	38	40
Вкус	50	40	21	16
Итого	160	135	40	128

По итогам экспертной дегустации, наивысшую оценку – 160 баллов – получил напиток, в состав которого входили 30 грамм сельдерея и 70 грамм моркови, представляющие собой пропорцию 1 к 3. Особенно высоко были отмечены органолептические свойства этого продукта.

Экспериментальные данные подтверждают, что для получения напитков с превосходными технологическими свойствами и вкусом необходимо тщательно выдерживать пропорции компонентов. Идеальный размер частиц фруктовой пульпы находится в диапазоне 50–60 мкм, поскольку чрезмерное уменьшение размера может спровоцировать нежелательное увеличение вязкости продукта. Предлагаемая концентрация плодовой мякоти колеблется от 35 до 45 процентов: недостаток мякоти может вызвать расслоение, а избыток – излишнюю густоту, придавая текстуру, сходную с пюре.

Выводы. Исходя из результатов данной работы можно сказать, что полученный функциональный напиток имеет наилучшие показатели качества продукта и самые высокие дегустационные оценки, которые имеют такие характеристики, как содержание: пектиновые вещества – 4,15 %, титруемая кислотность – 3,20 см³, содержание сухих веществ – 7,65 %, витамин С – 5,13 мг, витамин В₂ – 0,06 мг, бета-каротин – 128, 20 мг.

Литература

1. Анализ востребованности соков и сокосодержащих напитков / Л. А. Маюрникова, Г. А. Гореликова, О. А. Степанова, А. В. Попова // Пиво и напитки. – 2007. – № 3. – С. 5-7.
2. Алексашин В.Н. Справочник по овощеводству / В.Н. Алексашин, А.В. Альпаев, Р.А. Андреева. и др. – Л.: Колос, 1982. – 511 с.
3. Агапов С.П. Морковь, сельдерей, петрушка, пастернак. – М.: Сельхозгиз, 1955. – 64 с.
4. Брежнев Д.Д. Зеленные овощные культуры. – Лениздат, 1967, –83 с.
5. Теплов В.И. Функциональные продукты питания / Теплов В.И., Белецкая Н.М., Догаева Л.А., Марченко О.Б., Пашенцева Л.П. – М.: А-Приор, 2008. – 234 с.
6. Влияние ферментативной обработки цитрусовых выжимок в производстве пектина и пектиновых экстрактов / Натальченко А.А., Слипченко Е.В. // В сб.: Virtuozы науки. Сборник тезисов Международной научно-практической конференции студентов и молодых учёных за 2023 г. – Краснодар, 2024. – С. 232–233.

УДК 637.1

ОБЗОР СЫВОРОТОЧНОГО НАПИТКА, ОБОГАЩЕННОГО ПРОПИОНОВОКИСЛЫМИ БАКТЕРИЯМИ, И ЕГО ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ВЛИЯНИЕ

Кушнарева А.И., Дешеева В.В., Николаенко С.Н., канд. техн. наук

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина»
(Краснодар), e-mail: kushnareva22@bk.ru

Реферат. Статья посвящена вопросам современного рациона питания и переработки вторичных продуктов молочного производства. Проведен анализ физико-химического состава различных видов молочной сыворотки, позволяющий выбрать оптимальный вариант для создания функциональных напитков. Освещено воздействие пропионовокислых бактерий на здоровье организма. Заключение подчеркивает значимость регулярного употребления указанного функционального напитка.

Ключевые слова: биотехнология, молочные продукты, сывороточный напиток, пропионовокислые бактерии.

Summary. The article is devoted to the issues of modern nutrition and processing of secondary dairy products. The analysis of the physico-chemical composition of various types of whey has been carried out, which makes it possible to choose the optimal option for the creation of functional beverages. The effect of propionic acid bacteria on the health of the body is highlighted. The conclusion underlines the importance of regular consumption of this functional drink.

Key words: biotechnology, dairy, whey drink, propionic acid bacteria.

Введение. Наиболее эффективным способом восполнения нехватки жизненно важных нутриентов в современном питании является производство функциональных продуктов питания и биологически активных добавок, содержащих пробиотики. Особый интерес представляет исследование микробиологического потенциала пропионовокислых бактерий, способных вырабатывать разнообразный ряд ценнейших метаболитов, подавляющих размножение патогенной флоры, детоксицировать организм, активизировать процессы ферментации и абсорбции питательных компонентов.

Кроме вопросов организации здорового питания, необходимо решать задачи по сбережению ресурсов и уменьшению негативного влияния на экологию. Деятельность предприятий молочной отрасли сопровождается выбросами загрязняющих веществ в атмосферу, образованием сточных вод и появлением отходов. Важнейшей частью переработки сырья являются побочные продукты, среди которых выделяется молочная сыворотка. Этот компонент относится ко вторичным сырьевым ресурсам молочного комплекса и обладает значительными преимуществами. Так, молочная сыворотка богата полноценным белком и незаменимыми аминокислотами, кроме того, она служит идеальной средой для роста и размножения пропионовокислых бактерий, образующих полезные соединения, оказывающие положительное влияние на кишечную микрофлору и демонстрирующих пробиотический эффект. Совокупность подобранных компонентов формирует концепцию разработки функционального напитка.

Объекты и методы исследований. В качестве объектов исследования были рассмотрены разные виды молочной сыворотки; в качестве пробиотических организмов рассматриваются классические (молочные) пропионовокислые бактерии.

Обсуждение результатов. Молочная сыворотка, представляя собой вторичный продукт, производимый в значительных количествах в процессе изготовления различных молочных товаров, обладает важным промышленным потенциалом благодаря своему богатому химическому составу.

Среди факторов, влияющих на ценность напитка, является высокий процент перехода витаминов из молока в сыворотку при выработке продукта. Для лучшего понимания рассмотрим физические и химические характеристики двух разновидностей молочной сыворотки [1].

Таблица 1 – Физические свойства молочной сыворотки

Вид молочной сыворотки	Плотность, кг/м ³	Кислотность		Массовая доля, %		
		Титруемая, Т°	активная, ед. pH	Сухих веществ	Лактоза	Общего белка
Подсырная	1024	15	6,25	5,85	4,25	0,62
Творожная	1022	60	4,55	5,9	4,55	0,55

Химический состав сыворотки зависит в первую очередь от качества исходного сырья. Рассмотрим витаминный состав сыворотки [2].

Таблица 2 – Витаминный состав сыворотки

Сыворотка	Витамины, мкг/кг								
	β-каротин	А	Е	В ₁	В ₂	В ₆	Холин	РР	С
Подсырная	13	22	227	315	1389	524	160тыс	140	500
Творожная	75	110	315	263	1107	478	140тыс	140	500

Пропионовокислые бактерии (*Propionibacterium*) представляют собой род неподвижных, грамположительных и факультативно-анаэробных микроорганизмов. К традиционным видам относятся четыре разновидности, среди которых наиболее значимы *Propionibacterium freudenreichii* subsp. *freudenreichii* и *Propionibacterium freudenreichii* subsp. *shermanii*. Эти микроорганизмы обитают преимущественно в молоке и сыре.

Для развития микроорганизмам нужны следующие требования к условиям среды: Бактерии растут в пределах температуры 15–40 С°, Оптимальное значение pH для роста 6,5–7,0; при pH 5,0 рост практически отсутствует, при pH ниже этого критического уровня жизнеспособность бактерий сильно снижается.

Известно, что положительная роль пропионовокислых бактерий как пробиотиков обусловлена образованием ими пропионовой кислоты (CH₃CH₂COOH), минорных органических кислот, бактериоцинов, ферментов и витаминов [3].

Исследования продемонстрировали, что молочная сыворотка, обогащенная пропионовокислыми бактериями, оказывает выраженное противовоспалительное действие, подавляя воспалительные процессы, вызванные декстран-сульфатом натрия (DSS). У здоровых участников эксперимента прием внутрь молочной сыворотки, содержащей *P. freudenreichii*, привел к значительному увеличению численности бифидобактерий по отношению к общему количеству фекальных бактерий [4].

Выводы. Таким образом, вышеизложенные показывают, что молочная сыворотка, которая по природе является источником различных элементов, также служит хорошей средой для жизнедеятельности пропионовокислых бактерий, что позволяет нам увеличить количество витамина В₁₂. Потребление данного витамина позволит избежать негативных последствий в виде утомляемости, раздражительности, вялости и головной боли.

Расстройства пищеварительной системы и дефицит различных витаминов, в частности витамина В₁₂, встречаются гораздо чаще, чем это предполагалось ранее. Существует целый ряд причин развития дефицитов и расстройств, одна из которых — деградация качества питания. Регулярное включение в меню напитков на основе сыворотки помогает устранить нехватку витаминов, обогатить рацион и оптимизировать функционирование желудочно-кишечного тракта.

Литература

1. Агарков А. А. Разработка технологии сквашенного напитка на основе ультрафильтрационного концентрата сывороточных белков : дис. ... канд. техн. : 05.18.04 / Агарков Александр Александрович. — М., 2021. — 121 с.
2. Воробьева Л. И. Пропионовокислые бактерии. — М. : Изд-во МГУ, 1995. — 288 с.
3. Завгородняя П. П., Кузнецов А. Г., Слипченко Е. В. Методы физико-химического определения витамина В₁₂ // Роль аграрной науки в устойчивом развитии сельских территорий : сборник IX Всероссийской (национальной) научной конференции с международным участием. — Новосибирск, 2024. — С. 533–537.
4. ООО «Пропионикс». Пропионовокислые бактерии [Электронный ресурс] // Propionix.ru. URL: <https://propionix.ru/propionovoxylisly-bakterii> (дата обращения: 10.09.2025)

Научное издание

**АКТУАЛЬНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ
В АГРАРНОЙ НАУКЕ:
СЕЛЕКЦИЯ, ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ,
БИОЗАЩИТА И ПЕРЕРАБОТКА ПРОДУКЦИИ**

Электронный сборник материалов

г. Краснодар, 25 сентября 2025 года

**XV Всероссийской научно-практической конференции
молодых ученых**

В авторской редакции

Компьютерная верстка

А.А. Храпов

*Электронное издание 6,05 Мб
06.11.2025 г.*

ФГБНУ СКФНЦСВВ, 2025
Адрес: 350901, г. Краснодар, ул. им. 40-летия Победы, 39
Телефон: (861) 252-70-74, факс: 257-57-02
e-mail: kubansad@kubannet.ru
web site: [http: // www.kubansad.ru/](http://www.kubansad.ru/)