

РИСОВОДСТВО

НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

ISSN 1684-2464

Учредитель: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр риса»

Издается с 2002 года. Периодичность – 4 выпуска в год

Журнал включен в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора наук, на соискание ученой степени кандидата наук. Дата включения издания в перечень – 6 июня 2017 года.

Главный редактор – **С.В. Гаркуша (ФГБНУ «ФНЦ риса»)** - член-корреспондент РАН, д-р с.-х. наук

Заместитель главного редактора – **В.С. Ковалев (ФГБНУ «ФНЦ риса»)** - д-р с.-х. наук, профессор

Научный редактор – **Н.Г. Туманьян (ФГБНУ «ФНЦ риса»)** - д-р биол. наук, профессор

Редакционная коллегия:

4.1.1. Общее земледелие, растениеводство

(сельскохозяйственные науки, биологические науки)

И.Б. Аблова (ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко») - член-корреспондент РАН, д-р с.-х. наук

В.А. Ладатко (ФГБНУ «ФНЦ риса») - канд. с.-х. наук

Е.М. Харитонов (ФГБНУ «ФНЦ риса») - академик РАН, д-р соц. наук

4.1.2. Селекция, семеноводство и биотехнология растений

(сельскохозяйственные науки, биологические науки)

Джао Нянли (Ляонинская Академия с.-х. наук, Китай) - Ph.D

Е.В. Дубина (ФГБНУ «ФНЦ риса») - профессор РАН, д-р биол. наук

Л.В. Есаулова (ФГБНУ «ФНЦ риса») - канд. биол. наук

Г.Л. Зеленский (ФГБНУ «ФНЦ риса») - д-р с.-х. наук, профессор

П.И. Костылев (ФГБНУ «АНЦ «Донской») - д-р с.-х. наук, профессор

Массимо Билони (Итальянская экспериментальная рисовая станция) - Ph.D

Ж.М. Мухина (ФГБНУ «ФНЦ риса») - д-р биол. наук

М.А. Скаженник (ФГБНУ «ФНЦ риса») - д-р биол. наук

А.И. Супрунов (ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко») - д-р с.-х. наук

4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений

(сельскохозяйственные науки, биологические науки)

Т.Ф. Бочко (ФГБОУ ВО «КубГУ») - канд. биол. наук

А.Х. Шеуджен (ФГБНУ «ФНЦ риса») - академик РАН, д-р биол. наук

О.А. Гуророва (ФГБОУ ВО «КубГАУ им. И. Т. Трубилина») - д-р биол. наук

О.А. Подколзин (ФГБУ «ЦАС Краснодарский») - член-корреспондент РАН, д-р с.-х. наук

4.1.4. Садоводство, овощеводство, виноградарство

и лекарственные культуры (сельскохозяйственные науки, биологические науки, технические)

И.А. Ильина (ФГБНУ СКФНЦСВВ) - д-р техн. наук

С.В. Королева (ФГБНУ «ФНЦ риса») - канд. с.-х. наук

А.В. Солдатенко (ФГБНУ «ФНЦ овощеводства») - академик РАН, д-р с.-х. наук

О.Н. Пышная (ФГБНУ «ФНЦ овощеводства») - д-р с.-х. наук

4.1.5. Мелиорация, водное хозяйство и агрофизика

(сельскохозяйственные, биологические, технические)

Н.Н. Дубенок (ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева») - академик РАН, д-р с.-х. наук

С.В. Кизинек (ФГБНУ «ФНЦ риса»), РПЗ «Красноармейский им. А.И. Майстренко» - д-р с.-х. наук

Ю.В. Чесноков (ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт») - член-корреспондент РАН, д-р биол. наук

Переводчик: **И.С. ПАНКОВА (ФНЦ риса)**

Корректор: **С.С. ЧИЖИКОВА (ФНЦ риса)**

Адрес редакции:

350921, Россия, Краснодар, Белозерный, 3

E-mail: arri_kub@mail.ru, «в редакцию журнала»

Научный редактор: тел.: (861) 205-15-55 доб. 146

Свидетельство о регистрации СМИ № 019255 от 29.09.1999, выдано Государственным комитетом РФ по печати.

В журнале публикуются оригинальные статьи проблемного и научно-практического характера, представляющие собой результаты исследований по физиологии, биотехнологии, биохимии, агрохимии; методические рекомендации по использованию сортов в различных почвенно-климатических регионах; сообщения о селекционных и семеноводческих достижениях; рассмотрение производственных и экономических проблем отрасли; а также обзорные, систематизирующие, переводные статьи, рецензии.

RICE GROWING

SCIENTIFIC RESEARCH AND PRODUCTION

MAGAZINE

Founder: Federal State Budgetary Scientific Institution «Federal Scientific Rice Centre»

Published since 2002. Periodicity 4 issues a year

Journal is included into List of Leading peer-reviewed journals and publications, where basic scientific results of doctoral dissertations and Ph.D. dissertations should be published. Date of issue inclusion into the list – June 6th 2017.

Chief editor – **S.V. Garkusha (FSBSI “FSC of Rice”)** - Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Dr. of agriculture

Deputy Chief Editor – **V.S. Kovalev (FSBSI “FSC of Rice”)** - Dr. of agriculture, professor

Scientific editor – **N.G. Tumanyan (FSBSI “FSC of Rice”)** - Dr. of biology, professor

Editorial board:

4.1.1. General agriculture, crop production

(agricultural sciences, biological sciences)

I.B. Ablova (FSBSI “NGCenter named after P.P. Lukyanenko”) - Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Dr. of agriculture

V.A. Ladatko (FSBSI “FSC of Rice”) - Ph.D. in agriculture

E.M. Kharitonov (FSBSI “FSC of Rice”) - Academician of the Russian Academy of Sciences, Dr. of Social Sciences.

4.1.2. Breeding, seed production and biotechnology of plants

(agricultural sciences, biological sciences)

Zhao Nianli (Liaoning Academy of Agricultural Sciences, China) - Ph.D.

E.V. Dubina (FSBSI “FSC of Rice”) - Professor of the Russian Academy of Sciences, Dr. of biology

L.V. Esaulova (FSBSI “FSC of Rice”) - Ph.D. in biology

G.L. Zelensky (FSBSI “FSC of Rice”) - Dr. of agriculture, professor

P.I. Kostylev (FSBSI “ARC “Donskoy”) - Dr. of agriculture, professor

Massimo Biloni (Italian Rice Experimental Station) - Ph.D.

Zh.M. Mukhina (FSBSI “FSC of Rice”) - Dr. of biology

M.A. Skazhennik (FSBSI “FSC of Rice”) - Dr. of biology

A.I. Suprunov (FSBSI “NGC named after P.P. Lukyanenko”) - Dr. of agriculture

4.1.3. Agrochemistry, agrosol science, plant protection and quarantine

(agricultural sciences, biological sciences)

T.F. Bochko (FSBEI HE “KubSU”) - Ph.D. in biology

A.Kh. Sheudzen (FSBSI “FSC of Rice”) - Academician of the Russian Academy of Sciences, Dr. of biology

O.A. Gutorova (FSBEI HE “KSAU named after I. T. Trubilin”) - Dr. of biology

O.A. Podkolzin (FSBI “CAS “Krasnodarsky”) - Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Dr. of agriculture

4.1.4. Horticulture, vegetable growing, viticulture and medicinal crops

(agricultural sciences, biological sciences, technical sciences)

I.A. Ilyina (FSBSI NCFs for Horticulture, Viticulture, Winery) - Dr. of technical science

S.V. Koroleva (FSBSI “FSC of Rice”) - Ph.D. in agriculture

A.V. Soldatenko (FSBSI “FSC of Vegetable Growing”) - Academician of the Russian Academy of Sciences, Dr. of agriculture

O.N. Pyshnaya (FSBSI “FSC of Vegetable Growing”) - Dr. of agriculture

4.1.5. Land reclamation, water management and agrophysics

(agricultural sciences, biological sciences, technical sciences)

N.N. Dubenok («RSAU Moscow Timiryazev Agricultural Academy») - Academician of the Russian Academy of Sciences, Dr. of agriculture

S.V. Kizinek (FSBSI “FSC of Rice”, Rice farm “Krasnoarmeisky named after A.I. Maistrenko”) - Dr. of agriculture

Yu.V. Chesnokov (FSBSI “Agrophysical Research Institute”) - Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Dr. of biology

Interpreter **I. S. PANKOVA (FSC of rice)**

Proofreader: **S.S. CHIZHIKOVA (FSC of rice)**

Address:

3, Belozerny, Krasnodar, 350921, Russia

E-mail: arri_kub@mail.ru, «Attn. Editors of the Magazine»

Scientific Editor: tel. (861) 205-15-55 ext. 146

Mass Media Registration Certificate № 019255 dd. 29.09.1999, issued by National Press Committee of the Russian Federation.

The magazine features original articles addressing problem areas and applied scientific research results (namely, those related to physiology, biotechnology, biochemistry and agrochemistry); methodological recommendations on the use of rice varieties in various soil and climatic regions; reports on breeding and seed growing achievements; reviews of production and financial issues faced by the industry; overviews, systematizations, translations and reviews of articles.

СОДЕРЖАНИЕ

НАУЧНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ

Назаров А.Л., Дубина Е.В.

Применение MAS-технологий для отбора носителей целевых генов устойчивости к альтернариозу и фузариозу у томата 6

Александрова А.А., Алешечкин С. П., Осминина Е.В., Вишнякова А.В.

Факторы снижения степени контаминации Аглаонемы измененной при микроклональном размножении 17

Дорошенко Н.П., Пузырнова В.Г.

Применение 6-бензиламинопурина при клональном микроразмножении винограда 25

Явцева Е.И.

Поиск информативной ДНК-маркерной системы для идентификации целевого гена SW-5 устойчивости к вирусу пятнистого увядания томата 34

Малаканова В.П., Марченко М.В., Чуйкин П.В., Петряков А.П., Парпуренко Н.В., Анишин Г.В.

Оценка продуктивности гибридов кукурузы и экономическая эффективность их возделывания в зависимости от системы минерального питания и густоты стояния растений 41

Казаков П.О., Акимова С.В., Зубков А.В., Самощенко Е.Г., Марченко Л.А.

Вегетативная продуктивность *Citrus hystrix* dc. в условиях защищенного грунта 48

Лазько В.Э., Ковалева Е.В., Мишучкова А.Е.

Дыня сорта Ева 55

Гергель И. А., Гергель В.В.

Оценка состояния плодородия лугово-болотной почвы, используемой под рис 61

Чевердин Ю. И., Беспалов В. А.

Особенности формирования солевого профиля черноземных почв каменной степи под различными по увлажненности компонентами агроландшафта 67

Эседуллаев С. Т.

Реакция различных по спелости сортов клевера лугового на известкование и стартовые дозы минерального удобрения на дерново-подзолистых почвах Верхневолжья 74

СОДЕРЖАНИЕ**Турусов В.И., Говорова О.В., Коновалова Е.Я., Черенков Б.В.**

Питательный режим почвы в севооборотах с различным насыщением
зерновыми культурами 81

Кизинек С.В., Тараненко В.В., Шарифуллин Р.С.

Пожнивные посевы сорго зернового в Западном Предкавказье 87

Гергель В.В., Гергель И. А.

Рационализация использования рисовых полей и сохранение элементов их
плодородия (обзор) 94

Ашинов Ю.Н.

Кладезь агрохимии 100

TABLE OF CONTENTS

SCIENTIFIC PUBLICATIONS

Nazarov A.L., Dubina E.V.

Application of MAS technologies for selection of carriers of target genes of resistance to alternarium and fusarium in tomato 6

Alexandrova A.A., Osminina E.V., Aleshechkin S.P., Vishnyakova A.V.

Factors reducing the degree of contamination of *Aglaonema altereda* during microclonal reproduction 17

Puzirnova V.G., Doroshenko N.P.

The use of 6-benzylaminopurine in clonal grapevine micropropagation 25

Iavtseva E.I.

Search for an informative DNA marker system for identifying the target SW-5 gene for resistance to tomato spotted wilt virus 34

Malakanova V.P., Marchenko M.V., Chuykin P.V., Petryakov A.P., Parpureenko N.V., Anishin G.V.

Estimation of corn hybrid productivity and economic efficiency of their cultivation depending on the mineral nutrition system and plant spacing 41

Kazakov P.O., Akimova S.V., Zubkov A.V., Samoschenkov E.G., Marchenko L.A.

Vegetative productivity of *Citrus hystrix* dc. In protected ground conditions 48

Lazko V.E., Kovaleva E.V., Mishuchkova A.E.

Melon variety Eva 55

Gergel I.A., Gergel V.V.

Assessment of the fertility state of meadow-boggy soil used for rice growing 61

Cheverdin Y.I., Besspalov V.A.

Features of the formation of the salt profile of chernozem soils of the kamennaya steppe under agrolandscape components with various moisture content 67

Esedullaev S.T.

Reaction of meadow clover varieties of different maturity to liming and start doses of mineral fertilizer on sod-podzolic soils of the upper Volga region 74

TABLE OF CONTENTS

Turusov V.I., Govorova O.V., Konovalova E.Y., Cherenkov B.V. Nutrient regime of the soil in crop rotations with different saturation of grain crops	81
Kizinek S.V., Taranenko V.V., Sharifullin R.S. Post-harvest crops of grain sorghum in the Western Ciscaucasia	87
Gergel V.V., Gergel I.A. Rationalization of the use of rice fields and preservation of their fertility elements (review)	94
Ashinov Yu.N. A storehouse of agrochemistry	100

DOI 10.33775/1684-2464-2026-70-1-6-16
УДК 635.33:577.213

Назаров А.Л., аспирант,
Дубина Е.В., д-р биол. наук, профессор РАН
г. Краснодар, Россия

ПРИМЕНЕНИЕ MAS-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОТБОРА НОСИТЕЛЕЙ ЦЕЛЕВЫХ ГЕНОВ УСТОЙЧИВОСТИ К АЛЬТЕРНАРИОЗУ И ФУЗАРИОЗУ У ТОМАТА

В последние годы в южных регионах страны у одной из основных овощных культур – томата, всё острее ощущается проблема поражения растений такими патогенами, как *Alternaria alternata* sp. *Lycopersici* и *Fusarium oxysporum* sp. *Lycopersici*, вызывающие заболевания альтернариоз и фузариоз, соответственно. Эти болезни способны наносить серьезный экономический ущерб и приводить, как к потере урожайности растений томата, так и сильно снижать качество получаемой продукции. В связи с этим ключевым направлением в системе комплексной защиты растений становится создание и внедрение устойчивых к данным болезням сортов и гибридов. Решением проблемы является выявление на ранних стадиях развития устойчивых форм растений при помощи молекулярных маркеров, ассоциированных с целевыми генами резистентности. В связи с этим, целью наших исследований стали поиск и верификация информативных маркерных систем, потенциально применимых для детекции генов устойчивости к альтернариозу и фузариозу. Такой подход позволяет селекционерам эффективно выявлять носителей нужных аллелей уже на ранних стадиях развития растений, что существенно оптимизирует селекционный процесс. Для изучения уровня полиморфизма микросателлитных локусов между устойчивыми и неустойчивыми формами томата, используемыми в качестве родительских форм в селекционной работе, нами на основе ПЦР апробированы SSR-маркеры, взятые из базы данных на сайте [www. VegMarks \(http://vegmarks.nivot.affrc.go.jp\)](http://vegmarks.nivot.affrc.go.jp). Отбор маркеров, пригодных для оценки полиморфизма ДНК сортов томата, отличающихся по устойчивости к альтернариозу и фузариозу проводился на коллекционном материале ВИР и селекционном материале отдела овощекртофелеводства ФГБНУ «ФНЦ риса». Оптимизированы параметры постановки ПЦР для каждого SSR-маркера. Они апробированы на сегрегирующей F_2 -популяции. Установлена их частота рекомбинации и сила сцепления с признаком устойчивости. Маркерные системы с низкой рекомбинацией и высокой силой сцепления внедрены в селекционный процесс.

Ключевые слова: томат, гены устойчивости к *Alternaria alternata* sp. *Lycopersici* и *Fusarium oxysporum* sp. *Lycopersici*, SSR-маркеры

APPLICATION OF MAS TECHNOLOGIES FOR SELECTION OF CARRIERS OF TARGET GENES OF RESISTANCE TO ALTERNARIUM AND FUSARIUM IN TOMATO

In recent years, tomato, a staple vegetable crop in the southern regions of the country, has increasingly been affected by pathogens such as *Alternaria alternata* sp. *lycopersici* and *Fusarium oxysporum* sp. *lycopersici*, which cause early blight and fusarium wilt, respectively. These diseases can cause significant economic losses, leading to both yield losses and a significant reduction in the quality of tomato products. Therefore, the development and introduction of disease-resistant varieties and hybrids have become a key focus of integrated crop protection. The solution to this problem lies in identifying resistant plant forms early in their development using molecular markers associated with target resistance genes. Therefore, the goal of our research was to identify and verify informative marker systems potentially applicable for detecting genes for resistance to early blight and fusarium. This approach allows breeders to effectively identify carriers of desired alleles early in plant development, significantly optimizing the breeding process. To study the level of microsatellite loci polymorphism between resistant and non-resistant tomato varieties used as parental varieties in breeding, we tested PCR-based SSR markers obtained from the database at [www.VegMarks \(http://vegmarks.nivot.affrc.go.jp\)](http://vegmarks.nivot.affrc.go.jp). The selection of markers suitable for assessing DNA polymorphism in tomato varieties differing in resistance to *Alternaria* and *Fusarium* was conducted using collection material from VIR and breeding material from the Vegetable and Potato Growing Department of the Federal Scientific Rice Centre. The PCR parameters for each SSR marker were optimized and validated on a segregating F_2 population. Their recombination frequency and linkage strength to the resistance trait have been determined. Marker systems with low recombination and high linkage strength have been incorporated into the breeding process.

Key words: tomato, genes for resistance to *Alternaria alternata* sp. *Lycopersici* and *Fusarium oxysporum* sp. *Lycopersici*, SSR markers.

Введение

На современном этапе развития аграрной науки особое значение приобретают технологии, позволяющие интегрировать фундаментальные подходы молекулярной биологии в прикладную селекцион-

ную практику. Это направление становится особенно актуальным в связи с необходимостью повышения продуктивности сельскохозяйственных культур при одновременном обеспечении устойчивости к комплексу неблагоприятных факторов

биотической и абиотической природы. В условиях возрастающей фитопатологической нагрузки на агроценозы, обусловленной как глобальными климатическими изменениями, так и активной миграцией возбудителей фито- бактериальных и вирусных инфекций, особенно остро встаёт задача создания сортов и гибридов с комплексной, генетически обусловленной, устойчивостью.

Современная фитопатология подчёркивает усиление значимости грибных, бактериальных и вирусных болезней, приобретающих в последние годы всё более агрессивный характер и широкий ареал распространения [1].

Одними из опасных и экономически значимых инфекций является альтернариоз и фузариоз на томате. Данная культура занимает важное место в овощеводстве открытого и защищённого грунта. Возбудители болезней обладают высокой адаптивной способностью, быстрой эволюцией вирулентности и широким спектром патогенности, что делает борьбу с ними чрезвычайно сложной задачей [6, 32].

Нестабильность внешней симптоматики заболевания, сходство их проявлений с другими некрозами и пятнистостями, а также высокая изменчивость патогенов, затрудняют достоверную диагностику на ранних стадиях. В ряде случаев заболевание переходит в латентную форму, проявляясь уже после образования плодов, что снижает не только урожайность, но и товарное качество продукции. Классические методы фенотипической селекции на устойчивость в таких условиях становятся малоэффективными, так как требуют много времени, ресурсов и подвержены влиянию внешней среды.

Кроме того, устойчивость к данным заболеваниям обусловлена сложными взаимодействиями множества генов (полиэтиология), и может носить как вертикальный (расоспецифичный), так и горизонтальный (неспецифичный) характер. Это усиливает необходимость применения высокоточных молекулярно-генетических подходов, позволяющих выявлять наличие определённых аллелей устойчивости независимо от стадии развития растения и условий его выращивания [8].

В этих условиях особую актуальность приобретает разработка, адаптация и верификация молекулярных маркерных систем, обладающих высокой степенью специфичности, надёжности и воспроизводимости. Такие системы позволяют с высокой точностью и минимальными затратами идентифицировать носителей целевых генов, включая устойчивость к конкретным патогенам, что значительно повышает эффективность селекционного процесса. Особенно ценными являются маркеры, позволяющие выявлять все аллельные варианты гена, ассоциированного с устойчивостью, уже на стадии проростков, без необходимости проведения инфицирования и полевых испытаний [7, 11].

Таким образом, детекция и внедрение маркер-ассоциированных систем диагностики устойчивости представляет собой не только научный, но и практико-ориентированный шаг в сторону формирования инновационных инструментов, повышающих точность отбора элитных генотипов томата, имеющих целевые гены устойчивости к альтернариозу и фузариозу, совершенствуя, тем самым, классические методы селекции. Эти методы позволяют не просто фиксировать наличие устойчивости, но и формировать устойчивые сорта целенаправленно, опираясь на достоверную молекулярную информацию, что особенно важно в условиях растущей фитосанитарной нестабильности и необходимости экологически безопасного растениеводства.

Цель исследований

Выявить информативные маркерные системы для идентификации генов устойчивости к *Alternaria alternata* f. sp. *Lycopersici* (Asc) и *Fusarium oxysporum* f. sp. *Lycopersici* (I, I-2) и внедрить их в селекционный процесс.

Материалы и методы

В качестве материала для исследования были выбраны контрастные формы томата: устойчивые и восприимчивые к альтернариозу и фузариозу, а также коллекционные образцы ВИР, агрофирмы «Поиск», «Гавриш и ФНЦ биологической защиты растений и сегрегирующая F₂-популяция отдела овощекartoфелеводства ФНЦ риса (табл. 1).

Таблица 1. Коллекционные образцы, используемые в работе

Наименование	Устойчивость	Оригинатор
5038	Засоление, альтернариоз, септориоз, мозаика, бактериальный рак, мелоидогенез, BTM	Эквадор
2904	Бурая пятнистость листьев, мелоидогенез, альтернариоз.	Индия
3928		Peru
3943		Peru
3944		Peru
3945		Peru
3989	Бурая пятнистость листьев, фитофтора, вертициллез, септориоз, альтернариоз, BTM и желтой курчавости листьев, черный бактериальный рак, вилт.	Япония
3990		USA
3994		Япония
3995		Япония

Продолжение таблицы 1

Наименование	Устойчивость	Оригинатор
5027	Альтернариоз, септориоз, засоление, засуха.	Эквадор
5029		Сальвадор
3339		Poland
108		USA
2449		Германия
Золотой поток F ₁	Фузариоз	Агрофирма «ПОИСК»
Армада F ₁	Фузариоз	
Огневский	Альтернариоз	
1079-1/4	BTM, Вертициллез, Фузариоз, Кладоспориоз	ГАВРИШ
1042-1/14	BTM, Вертициллез, Фузариоз, Кладоспориоз, Нематода	
7682-7/20	Вертициллез, Фузариоз, Кладоспориоз	
7682-3/20	BTM, Вертициллез, Фузариоз, Кладоспориоз, Нематода	
7682-5/20	BTM, Бронзовость, Фузариоз	ФГБНУ ФНЦ БЗР
743	Альтернариоз	
663	Альтернариоз	
868	Альтернариоз	
Mo393 x <i>Solanum cheesmanii typicus</i>	Альтернариоз	ФГБНУ ФНЦ риса
линия 4	BTM, Кладоспориоз, Вертициллез, Фузариоз	
линия 3(5)	Вертициллез, Фузариоз, Нематода	
линия 6(6)	BTM, Вертициллез	
линия 1(2)	BTM, Вертициллез, Фузариоз, Нематода	

Для выделения ДНК из листьев экспериментальных растений томата использовали метод Мюррея и Томпсона с применением цетилтриметиламмоний бромида в качестве лизирующего буфера растительных клеток [21]. В молекулярно-генетических исследованиях использовались нейтральные кодоминантные микросателлитные маркеры, разработанные Институтом овощеводства и цветоводства НАРО (NIVFS, Япония) для оценки полиморфизма у растений томата, а также маркеры из других источников

[2, 12, 14, 16, 17, 19, 20, 22-24, 26, 29, 31, 33].

Для апробации молекулярных маркеров при постановке ПЦР использовали специфичные праймеры для детекции мишеней, содержащих ген *Asc*. Праймеры имели сходные температуры отжига и были некомплементарными друг другу, чтобы избежать праймер-димеров и неэффективных реакций.

Специфичные праймеры использованные для отбора растений томата, сцепленных с признаком устойчивости к *F. oxysporum* представлены в таблице 2.

Таблица 2. Нуклеотидные последовательности ПЦР-праймеров на гены I, I-2, I-3, I-7

Наименование	Sequence		Источник литературы
	forward	reverse	
AT-2 (I) F	CGAATCTGTATATTACATCCGT	CGTGGTGAATACCGATCATAGTCGA	[12]
Tom 144 (I)	CTGTTTACTTCAAGAAGGCTG	ACTTTAACTTTATTATTGCGACG	[19]
I-2/5 (I2)	CAAGGAACTGCGTCTGTCTG	ATGAGCAATTTGTGGCCAGT	[33]
FWZ 1063 (I2)	ATTTGAAAGCGTGGTATTGC	CTTAAACTCACCATTAAATC	[29]
I2OH (I2)	TGGAGAGTTCCCTACACTTGAG	TTCTCTTCAAGGTAGTTGGCAG	[26]
TFusF1 (I-2)	CTGAAACTCTCCGTATTTTC	CGAAGAGTGATTGGAGAT	[24]
I-3	GGATTTTGGTGCTGTATTTGAAG	TAGCCTGATGTTCTCTCATTGTTC	[19]
P7-43DF1 (I3)	ATTTGAAAGCGTGGTATTGC	CTTAAACTCACCATTAAATC	[20]
Solyc08g077740 (I7)	AAGAAGTTCCCTTCTCCCTTA	GGAATAACCAAGGGGGTGT	[16]

Амплификацию приводили в ДНК-амплификаторе Bio-Rad 100 (Германия). Условия проведения ПЦР-реакции устанавливали индивидуально для каждого типа маркера. Температуру плавления праймера (T_m) подбирали с помощью доступного интернет ресурса Oligo Calc: Oligonucleotide Properties Calculator (<http://biotools.nubic.northwestern.edu/OligoCalc.html>).

Температуру отжига (T_a) на 5-10°C ниже температуры плавления [7].

На основе анализа литературных источников на предмет научного исследования растений томата на содержание генов устойчивости к *A. alternate* в генотипах анализируемых растений были выбраны маркеры, представленные в таблице 3.

Таблица 3. Нуклеотидные последовательности ПЦР-праймеров на ген *Asc*

Наименование	Sequence		Источник литературы
	forward	reverse	
ef1 α	GGCCATCAGACAAACCACTC	TCCTGGAGAGCTTCGTG	[23, 17]
SIWRKY1	TAGCAGTGAAGTGGATGTAGTC	TTGGATTATGGGATGACCTCTC	
SIWRKY11	GTAGTGTTAGAGGCTGTCCG	AAGCCATCATTCTCTCGCC	[13, 17]
TG442	ATGGGTCTCATAGAGCAGAG	CGGAGGTTGGGCACGTCCG	[22]
F10 + R10	CAACGATCAAACGTGTT	CAGGTCCTCCAGAAATAC	[31]
BASC76	AGAGGGAGCTGACATTTG	CCACAAATCTTGTCTATCT	[14]
BASC88	GCTGCGCAGATAATTCATCA	TCCGTTCTTCTGTATATCC	[14]
BASC87	GGAATTCTGCAATTCATTTGAAACTACAAC	CGGGATCCCGATCAGTCTTTGTGGTCATCATC	[14]
tbm0132	AGTTTTGCTGGTGAAGAAGAAG	GTTTATTCCAAAGGCCCTTCC	[2]
tbm0132	AGTTTTGCTGGTGAAGAAGAAG	GTTTATTCCAAAGGCCCTTCC	[2]
tbm0860	ACAATCTCACTAAGTAAAGTCATCCG	GTTTCCTCAAAAATAGGCCTTGCTA	
tms0022	GATCGGCAGTAGGTGCTCTC	CAAGAAACACCCATATCCGC	
tbm0134	AGAAAGTGTTATTACGATATCAAAGG	GTTTACCAAACGTTGAAATGACTTT	
tbm1168	ACAATTCATAGAGTAAATTGAAGCTC	GTTTCTTTTCAAATTTTCTAAGTTTTTCGG	
tbm1170	ACCATTCTACACTTCGCTTAG	GTTTCATGTTGAAAGCATCACCTTC	
tmc0025	AGCTGATACCCAAATTGCAATAGTA	GGCATCCATAGTGAATTGTAAGTGA	
tma0181	ACCTTTGTAAGCTTTACCAGGATGG	GTTTACTGATCGACCATAGGCCAGT	

ПЦР-амплификацию для молекулярных маркеров, представленных в таблицах 2 и 3, проводили в Термоциклере Bio-Rad 100.

Разделение продуктов амплификации делали с помощью 2 % агарозного геля с добавлением бромистого этидия при напряжении от 110 до 120 V на протяжении 1,5 часов, а также с помощью полиакриламидного геля 3,5 часа при напряжении 200 V. Для визуализации продуктов амплификации использовали систему гель-документирования Gel Doc XR+.

Статистическую обработку данных проводили с использованием программного обеспечения Microsoft Excel и его макросных расширений ANOVA, а также с помощью программы «STATISTICA».

Критерий сопряженности – критерий Пирсона – Хи-квадрат χ^2 рассчитывали в статсофт «STATISTICA». Критерий Хи-квадрат рассчитывается по формуле:

$$\chi^2_{\Phi} = \sum \frac{(f - F)^2}{F}$$

где f – наблюдаемые или фактические частоты, F – ожидаемые (теоретические) частоты.

Это определение сопряженности и независимости вариантов позволяет в биологических исследованиях проанализировать расщепление. Затем полученное значение сравнивается с табличным (Квантили распределения хи-квадрат). Для этого необходимо рассчитать число степеней свободы, которое определяется как $k = M - 1$, где M – число классов [3, 10].

Частоты рекомбинации рассчитывались по формуле:

$$Rf = \frac{\text{Число рекомбинантов}}{\text{Общее число потомков}} * 100 \%$$

Фитопатологическую оценку растений томата F_2 гибридной популяции проводили на базе ФГБНУ «ФНЦ риса» под руководством сотрудников лабо-

ратории биорациональных средств и технологий защиты растений для ведения экологизированного, ресурсосберегающего и органического сельского хозяйства ФГБНУ «ФНЦ БЗР». На альтернативно использовали специальную 6-балльную шкалу [5]. Оценку на устойчивость к фузариозу проводили согласно методике опытного дела в овощеводстве Белик В.Ф. [4].

Результаты и обсуждение

Болезни, вызываемые грибом вида *Alternaria*, являются одними из наиболее распространенных заболеваний многих видов растений во всем мире [4, 5]. Они поражают листья, стебли, цветы и плоды преимущественно однолетних растений, особенно овощей и декоративных растений. Альтернативно вызываемый грибным патогеном *A. alternata* sp. *Lycopersici* распространен повсеместно [1]. Симптомы, вызванные *A. alternata*, включают воротниковую гниль на рассаде, поражение листьев, поражения стеблей и плодовую гниль. Заболевание характеризуется образованием темных некротических очагов с концентрическими кольцами на листьях и стеблях. Основной причиной развития симптомов альтернативно, является AAL-токсин, который индуцирует апоптотическую гибель клеток во всех тканях [5, 14, 15]. Устойчивость томата к патогену *A. alternata* проявляется при наличии гена *Asc* (*alternaria stem canker resistance protein*), который локализуется на длинном плече хромосомы 3. Ген *Asc* кодирует фермент, который продуцирует керамид, тем самым защищает ткани от гибели клеток [13, 22, 31].

В 2001 году Foolad и др. исследователи изучали с помощью RFLP и CAPS маркеров QTL области, отвечающие за устойчивость к *A. alternata*, и нанесли их на карту. Они расположены на хромосомах 2, 3, 9, 12. В своих исследованиях в качестве

источника резистентности использовали дикий вид *S. cheesmaniae* [18, 13, 30].

Не менее опасным патогеном на культуре томата как в открытом, так и закрытом грунте является *Fusarium oxysporum* f.sp. *Lycopersici* (Sacc.) Snyderet Hansen. Это почвенный гриб, который вызывает у томата болезнь увядания, проникая в растения через микротрещины, возникающие при формировании боковых корней, или поражения, а также через корневые волоски [9]. Он колонизирует сосудистый пучок, закупоривает поток воды и движение питательных веществ. Выделено три расы этого патогена: 1, 2 и 3, однако в России пока обнаружены только первые две [9]. Устойчивость к фузариозу (обозначаемая как *Fol*) наследуется доминантно и контролируется генами *I* и *I-2*, локализованные на 11 хромосоме [27]. Ген *I* был выявлен из *S. pimpinellifolium* и обеспечивает высокую устойчивость к расе 1 [4]. Ген *I-2* был обнаружен у дикого вида *S. pimpinellifolium* и *S. peruvianum* и локализован так же в 11 хромосоме, придает томату устойчивость к расам 1 и 2. Два этих гена переданы в куль-

турный томат межвидовой гибридизацией [25, 28].

Использование ДНК-маркеров, тесно сцепленных с локусами, детерминирующими устойчивость к указанным болезням томата, позволяет достоверно вести отбор по генотипу, исключая фактор влияния окружающей среды.

Отбор маркеров, пригодных для оценки полиморфизма ДНК сортов томата, отличающихся по устойчивости к фузариозному увяданию и альтернариозу, проводился на материале, представленном в таблице 1.

Для изучения уровня полиморфизма микросателлитных локусов между устойчивыми и неустойчивыми формами томата к фузариозному увяданию, нами апробировано 9 молекулярных маркеров (примеры некоторых представлены на рис. 1, 2). В результате апробации этих маркеров выделены праймерные пары, достоверно показывающие наличие аллелей устойчивости и восприимчивости на контрастных формах. Локус *I-2/5* предназначен для детекции гена устойчивости *I-2*, а с помощью SCAR-маркера AT-2 идентифицируют наличие гена резистентности *I*.

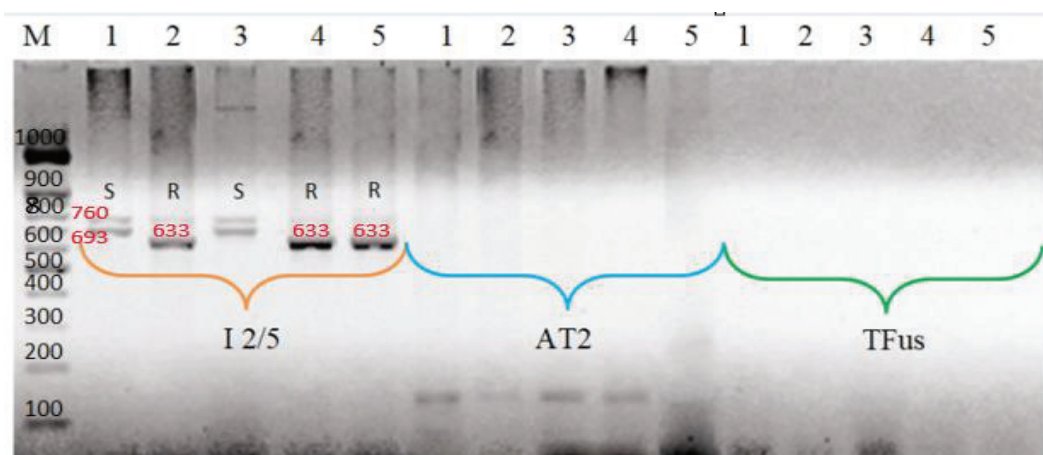


Рисунок 1. Электрофореграмма продуктов амплификации, полученных с использованием маркеров *I-2/5*, *TFus* и *AT-2* к генам устойчивости к фузариозу *I-2* и *I*, соответственно

Примечание - *Mt* — маркер молекулярной массы 100 bp+1,5 Kb (поставщик – комп. Синтол, Россия). Неустойчивые формы к фузариозу (S): 1 — линия 4; 3 — линия 6(6). Устойчивые формы (R): 2 — линия 1(2); 4 — Золотой поток *F*₁; 5 — линия 3(5)

Для идентификации донорных аллелей устойчивости к фузариозному увяданию информативным показал себя маркер *I-2/5*. При проведении амплификации данной парой праймеров получены ПЦР-фрагменты, имеющие размер 633 п.н. (для устойчивого аллеля) и 693 п.н. в сочетании с 760 п.н. (для восприимчивого аллеля).

Молекулярный маркер AT-2 не показал полиморфизма, но после корректировки программы ПЦР и количественного состава ПЦР-смеси маркер четко детектировал продукт амплификации донорного аллеля размером в 130 пар нуклеотидов и был внедрен в последующие исследования (рис. 2). SSR-маркер *TFus* выявил отсутствие полиморфизма между устойчивыми и восприимчивыми образцами и был исключен из последующей исследователь-

ской работы. Остальные маркерные системы показали себя как мономорфные и не были включены в дальнейшие исследования.

Для установления сцепленности отобранных маркерных систем с признаком устойчивости к фузариозу в камере искусственного климата нашего центра проведен фитопатологический тест растений томата *F*₂-популяции гибридной комбинации 7 ф-31(1) × Индент *Fus*. Весь семенной материал, полученный с одного плода *F*₂-поколения, высевался в пластиковые кассеты в условиях КИК. Заражение проводили на 21 день после всходов. Балльную оценку осуществляли на 14 и 28 сутки после инокуляции (рис. 3), согласно методическим рекомендациям [4].

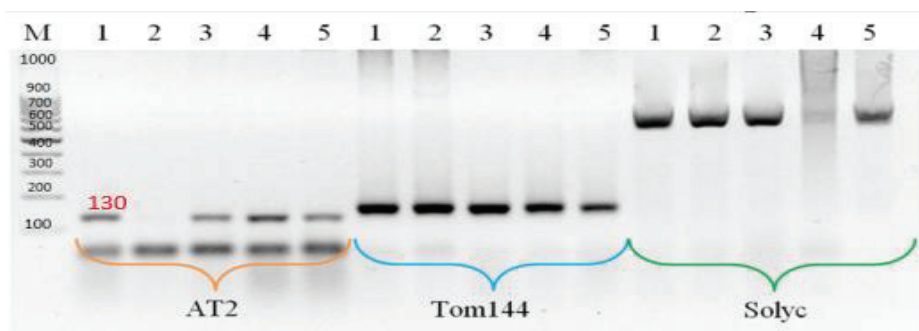


Рисунок 2. Электрофореграмма продуктов амплификации, полученных с использованием маркеров AT-2 и Tom144 (ген I), Solyc08g077740 (ген I-7)

Примечание: Mm — маркер молекулярной массы 100 bp+1,5 Kb (поставщик – комп. Синтол, Россия). Для маркеров AT-2 и Tom144 на ген (I) устойчивые контрольные образцы (R): 1 — линия 4; 3 — линия 3(5); 4 — линия 6(6); 5 — Золотой поток. Восприимчивый контрольный образец (S): 2 — линия 1(2). Для маркера Solyc08g077740 (на ген I-7) устойчивые контрольные образцы (R): 3 — 7682-3/20; 4 - 7682-5/20. Восприимчивый контрольный образец (S): 1 — линия 4; 2 — линия 6(6); 5 — Золотой поток



Рисунок 3. Симптомы проявления фузариоза томата: 1- балл поражения 1; 2 - балл поражения 2; 3 - балл поражения 3

При 0 и 1 балле поражения растение приравнивалось к устойчивому, а наличие симптомов, которые оценивали в 2, 3 и 4 балла, считали восприимчивыми. Полученные результаты сопоставляли с контролями устойчивости и восприимчивости. У гетерозисных образцов наблюдали устойчивый фенотип, обычно слабее, чем у рас-

тений гомозиготных по аллели устойчивости. Результаты фитопатологической оценки данных образцов сравнивали с результатами ПЦР-анализа, который проводили с использованием маркера I-2/5, определяли частоту рекомбинаций и силу сцепления маркера с признаком устойчивости (табл. 4).

Таблица 4. Статистический анализ расщепления в сегрегирующей F₂ популяции по маркеру I2/5

Показатели	Расщепление в F ₂ - популяции по маркеру I2/5			Расщепление по фенотипу	
	R+	+/- (гетерозигота)	S (-)	R (+)	S (-)
Ф	17	31	12	43	14
Т	15	30	15	45	15
(Ф-Т) ²	4	1	9	4	1
χ^2	0.2667	0.0333	0.6	0.0889	0.0667
χ^2 (сум.)	0.9			0,1556	
χ^2 (табл.)	5,99			3,84	

Примечание - R - устойчивость к фузариозу, S – восприимчивость к фузариозу, (+) – присутствие маркера или (-) – отсутствие маркера, Ф – фактическая частота растений, Т – теоретическая частота растений, χ^2 – критерий согласия Пирсона, χ^2 (сум.) – суммарный показатель хи-квадрата для данной популяции, χ^2 (табл.) – критическое значение из таблицы Фишера.

Полученные данные анализировали, χ^2 (сум.) рассматривали для генотипа и фенотипа при уровне значимости равном $\alpha = 0,05$. Для оценки значимости различий необходимо определить квантиль и число степеней свободы. Для оценки по фенотипу число степеней свободы равно 1, а для оценки по маркеру I-2/5 $k = 2$. Из таблицы 2 видно, что χ^2 (сум.) для F_2 популяции по локусу I-2/5 меньше χ^2 (табл.) и отклонение между фактическим расщеплением и теоретическим несущественно. Следовательно полученное расщепление соответствует второму Менделевскому закону. Для расщепления по фенотипу χ^2 (сум.) < χ^2 (табл.) из чего следует, что отклонение между фактическим расщеплением и теоретическим несущественно и соотношение в F_2 -популяции соответствует Менделевскому расщеплению 3:1.

Далее частоту рекомбинации по маркеру I-2/5 определяли по формуле:

$$Rf \text{ (по маркеру I-2/5)} = \frac{4}{60} * 100 \% \approx 6,6 \%$$

Частота рекомбинации позволяет теоретически оценить сцеплен ли маркер с геном устойчивости: чем меньше частота рекомбинации, тем

ближе расположены два локуса. Известно, что в селекции эффективно применять маркеры, расположенные в пределах 5 сМ, максимум 10 сМ от целевого гена [5]. Полученные данные показывают, что локус I-2/5 находится в пределах $\approx 6,6$ сМ от гена устойчивости к фузариозному увяданию, что подтверждает эффективность применения данной праймерной пары для маркерсопутствующего отбора в селекционном процессе.

Для точной идентификации гена устойчивости к альтернариозу Asc и его аллельных вариантов апробировано 17 маркерных систем, взятых из базы VegMarks (<http://vegmarks.nivot.affrc.go.jp/>) [2]. Маркерные системы подбирались на основании информации о локализации гена Asc. Ранее отмечалось, что данный ген расположен на 3 хромосоме (82 сМ) и маркеры, соответственно, подбирали таким образом, чтобы ограничить область расположения этого гена с обеих сторон (фланкирующие маркерные системы). Расстояния между праймерными парами до гена с обеих сторон варьировало от 15,5 сМ до 2,0 сМ. Детекция продуктов амплификации каждой праймерной пары была проведена с использованием 8 % полиакриламидного геля (рис. 4).

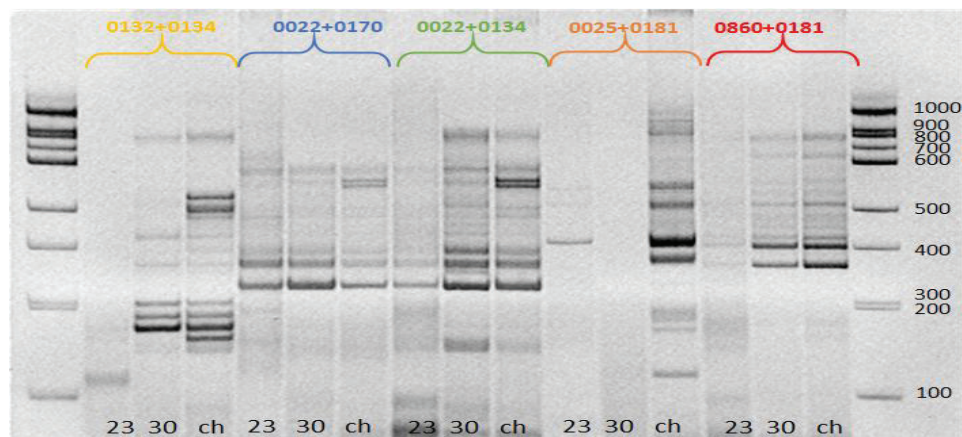


Рисунок 4. Электрофореграмма продуктов амплификации, полученных с использованием маркеров 0132+0134, 0022+0170, 0022+0134, 0025+0181, 0860+1168 на ген устойчивости к альтернариозу Asc

Примечание - Mm — маркер молекулярной массы 100 bp+1,5 Kb (поставщик — комп. Синтол, Россия); 23 — 633; 30 — Огневский; ch — Mo393 x *Solanum cheesmaniae typicus* растения томата

Рисунок 4 демонстрирует результаты амплификации между образцами 23, 30 и ch (межвидовая гибридная комбинация Mo393 x *Solanum cheesmaniae typicus*). Высокий уровень полиморфизма показала праймерная пара 0022+0181, которая апробирована на сегрегирующей F_2 популяции для оценки силы сцепленности маркера с признаком устойчивости к альтернариозу. Поскольку предполагается, что данный ген носит доминантный тип наследования, то немаловажным фактором яв-

ляется значение его расщепления в F_2 популяции. Оценка генотипа по маркеру 0022+0181 показала, что отношение доминантного локуса (устойчивость) к гетерозиготному состоянию аллели и к рецессивному локусу (восприимчивость) для данной популяции представляет собой 15:23:11 (или 1,3:2:1) и приближено к менделевскому 1:2:1.

На рисунке 5 представлены результаты ПЦР-диагностирования гена Asc сегрегирующей F_2 -популяции с использованием праймерной пары 0022+0181.

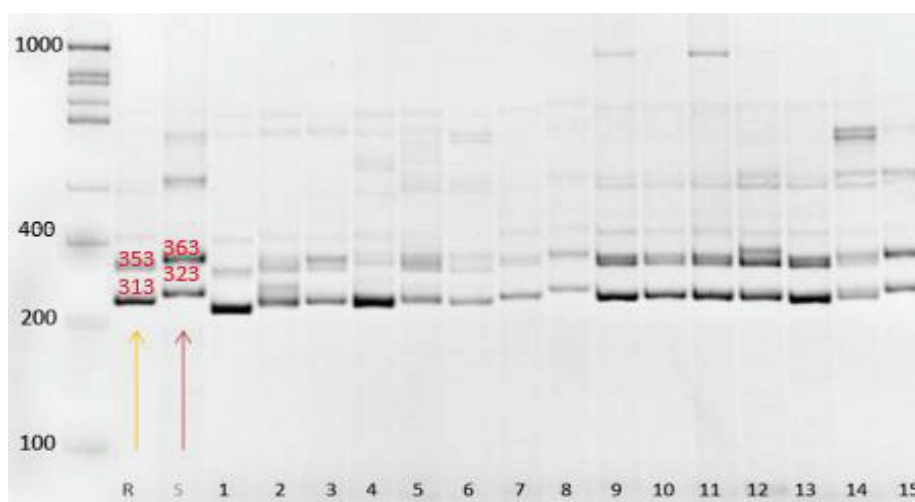


Рисунок 5. Электрофореграммы по идентификации гена *Asc* в F_2 гибридной популяции с использованием праймерной пары 0022+0181

Примечание - *Mt* – маркер молекулярной массы 100 bp+1,5 Kb (поставщик – комп. Синтол, Россия); *R* – устойчивый контрольный образец (Индекс Alt), *S* – восприимчивый контрольный образец, 1-15 – образцы сегрегирующей F_2 -популяции.

Анализ фореграммы рисунка 5 показывает, что для устойчивого генотипа характерно наличие пары аллелей в ≈ 313 и 353 п.н., а у неустойчивого образца мы наблюдаем смещение этих пар аллелей на ≈ 10 п.н. Среди данных образцов, как потенциально устойчивый генотип, были выделены образцы под № 1, 9-11 и 13. Амплификационные фрагменты анализируемых образцов 8 и 15, идентичные генетическому профилю образцу, который поражается *A. alternata* были выбракованы. Образцы № 2-7 и 12 – гетерозиготы и отобраны для дальнейшей работы.

Фитопатологический мониторинг сегрегирующей F_2 -популяции томата на альтернариоз, который проводился сотрудниками ФНЦ БЗР показал, что расщепление по фенотипу составило 41 (устой-

чивые формы) : 8 (неустойчивые формы). Семена томата F_2 популяции были высажены в пластиковые кассеты и выращены в КИК нашего центра. Заражение проводили в период онтогенеза растений после появления 3-4 пар настоящих листьев. Бальную оценку проводили по 5-ти балльной шкале, согласно методическим рекомендациям ВИЗРа [5]. При визуальной диагностике растений томата были отмечены симптомы проявления болезни, а именно наличие сухих некротических пятен тёмно-бурого или сероватого цвета с характерной концентрической зональностью. Во влажных условиях на поверхности поражённых органов отмечали тёмно-бурый налёт.

Смывы с поражённых листовых пластин показали присутствие конидий данного патогена (рис. 6).

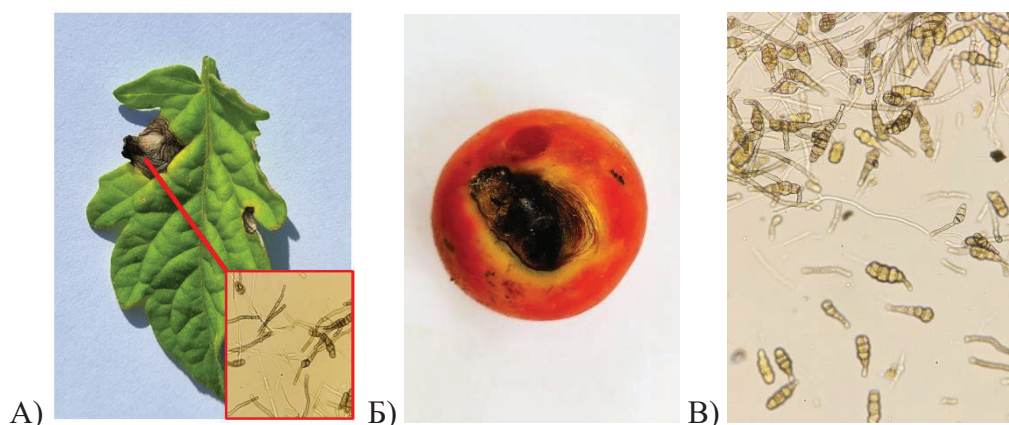


Рисунок 6. Симптомы поражения на листьях и плодах растений томата альтернариозом (А, Б) и конидии возбудителя болезни, выделенные с поверхности некроза (В)

При фитосанитарном мониторинге на растениях, имеющих зональные поражения листа, в дальнейшем наблюдалось укрупнение пятен, что приводило сначала к пожелтению, а затем и отмиранию листьев. Полученные результаты фитопатологического тестирования сравнивали с результатами ПЦР-диагно-

стирования. Рассчитывали частоту рекомбинаций и силу сцепления маркера с признаком устойчивости.

Для оценки различий между фактическими данными в выборке и теоретическими результатами использовали метод «критерий χ^2 » (хи — квадрат). Результаты представлены в таблице 5.

Таблица 5. Статистический анализ расщепления в сегрегирующей F_2 -популяции по маркеру 0022+0181

Показатели	Расщепление в F_2 - популяции по маркеру 0022+0181			Расщепление по фенотипу	
	R+	+/- (гетерозигота)	S (-)	R (+)	S (-)
Ф	15	23	11	41	8
Т	12	25	12	37	12
(Ф-Т) ²	3	2	1	4	4
χ^2	0.75	0.16	0.0833	0.4324	1.3333
χ^2 (сум.)	0.9933			1.7657	
χ^2 (табл.)	5,99			3,84	

Примечание - R - устойчивость к фузариозу, S - восприимчивость к фузариозу, (+) – присутствие маркера или (-) – отсутствие маркера, Ф – фактическая частота растений, Т – теоретическая частота растений, χ^2 – критерий согласия Пирсона, χ^2 (сум.) – суммарный показатель хи-квадрата для данной популяции, χ^2 (табл.) – критическое значение из таблицы Фишера

Статистический анализ по критерию χ^2 показал, что для теоретически ожидаемого расщепления по маркеру 0022+0181 χ^2 (сум.) имеет значение 0,9933, что меньше табличного значения 5,99 и говорит о достоверности выдвинутой нулевой гипотезы, следовательно, наследование гена Asc, можно считать доминантным. Нулевая гипотеза для фенотипа также оказалось верной, поскольку χ^2 (сум.) < χ^2 (табл.).

Для теоретической оценки сцепленности маркерной системы 0022+0181 с геном устойчивости Asc, определяли частоту рекомбинации по формуле:

$$Rf \text{ (по маркеру 0022+0181)} = \frac{1}{49} * 100 \% \approx 2,0 \%$$

Полученный результат говорит о том, что данная маркерная система расположена в пределах 2 сМ от целевого гена, а значит, эффективна для идентификации локуса Asc.

Выводы

Таким образом, сравнительный анализ полученных результатов по молекулярно-генетическим исследованиям и оценке по фенотипу позволяет сделать вывод о преимущественной практической применимости маркерной системы I-2/5 (для идентификации гена устойчивости к фузариозу I-2), а также праймерной пары 0022+0181 (для идентификации целевого гена устойчивости к альтернариозу Asc), которые показали высокую воспроизводимость, однозначность интерпретации и устойчивость реакции в пределах всего экспериментального массива. Проведённая молекулярно-генетическая оценка эффективности применения для идентификации целевых генов имеет высокую диагностическую надёжность и практическую ценность. Апробированные маркерные системы продемонстрировали высоко воспроизводимые ре-

зультаты, четко различая все аллельные варианты целевых генов, что делает их одним из перспективных инструментов в системе ранней молекулярной сортировки генотипов по наличию генов интереса и их аллельных вариантов, что позволяет значительно оптимизировать временные и ресурсные затраты селекционного процесса и рекомендовать к использованию в рамках молекулярного скрининга при предварительном отборе селекционного материала на устойчивость к альтернариозу и фузариозу. В перспективе, данные маркерные системы будут интегрированы в системы маркер-ассистированной селекции (MAS), а также применяться при составлении генетических карт и изучении аллельной структуры популяций.

Следует отметить, что такой молекулярный подход в отличие от традиционных фитопатологических методов, позволяет выявить носителей гена устойчивости уже на проростках или рассадных этапах, что даёт возможность проводить селекционный отбор до фазы цветения, исключая из дальнейшей гибридизации потенциально чувствительные формы и тем самым предотвращая потери, связанные с последующим проявлением скрытой восприимчивости в более поздние фазы вегетации.

С практической точки зрения, использование молекулярных маркеров в селекции культурных растений является важным компонентом концепции «интеллектуального растениеводства», в рамках которой наука становится не только источником знаний, но и действенным инструментом управления агробиологическими процессами. В условиях изменяющегося климата и роста давления со стороны патогенов подобные технологии способны не просто точно отбирать устойчивые генотипы, но и сделать их выведение более предсказуемым, целе-

направленным и ресурсосберегающим.

Полученные в ходе настоящего исследования результаты, обладают как теоретической значимостью, подтверждая работоспособность ранее предложенных маркеров, так и высокой приклад-

ной ценностью, позволяя рекомендовать дальнейшее внедрение ПЦР-маркирования в селекционные программы по томату, что является важным этапом на пути к формированию устойчивого и экологически безопасного овощеводства.

Литература/References

1. Ахатов А. К., Ганнибал Ф.Б., Мешков Ю.И., Джалилов Ф.С., Чижов В.Н., Игнатов А.Н., Полищук В.П., Шевченко Т.П., Борисов Б.А., Стройков Ю.М., Белошапкина О.О. Болезни и вредители овощных культур и картофеля. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2013. 463 с. [Akhatov A. K., Hannibal F. B., Meshkov Yu. I., Jalilov F. S., Chizhov V.N., Ignatov A.N., Polishchuk V. P., Shevchenko T.P., Borisov B.A., Stroikov Y.M., Beloshapkina O.O. Diseases and Pests of Vegetable Crops and Potatoes. Moscow: KMK Scientific Publishers, 2013;463 p. (in Russian)].
2. База данных VegMarks. [Электронный ресурс] URL: <http://vegmarks.nivot.affrc.go.jp/>. (дата обращения 15.01.2024). [VegMarks database. [Electronic resource] URL: <http://vegmarks.nivot.affrc.go.jp/>. reference date: 15.01.2024)].
3. Батин Н.В. Компьютерный статистический анализ данных: учебно-методическое пособие. Минск: Институт подготовки научных кадров Национальной академии наук Беларуси, 2008. 160 с. [Batin N.V. Computer Statistical Data Analysis: A Study Guide. Minsk: Institute for Training of Scientific Personnel of the National Academy of Sciences of Belarus, 2008;160 p. (in Russian)].
4. Белик В.Ф. Методика опытного дела в овощеводстве и бахчеводстве. М.: Агропромиздат, 1992. 318 с. [Belik, V.F. Experimental Methods in Vegetable and Melon Growing. Moscow: Agropromizdat, 1992;318 p. (in Russian)].
5. Ганнибал Ф.Б., Гасич Е.Л., Орина А.С. Оценка устойчивости селекционного материала крестоцветных и паслёновых культур к альтернариозам. Санкт-Петербург: Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений РАСХН, 2011. 51 с. [Gannibal F.B., Gasich E.L., Orina A.S. Assessment of the resistance of breeding material of cruciferous and solanaceous crops to alternariosis. St. Petersburg: All-Russian Research Institute of Plant Protection of the Russian Academy of Agricultural Sciences, 2011;51 p. (in Russian)].
6. Гаркуша С.В., Иващенко Н.П., Палкин О.Н. Вредители и болезни овоще-бахчевых культур и картофеля в Краснодарском крае. Краснодар, 2009. 167 с. [Garkusha S.V., Ivashchenko N.P., and Palkin O.N. Pests and Diseases of Vegetable and Melon Crops and Potatoes in the Krasnodar region. Krasnodar, 2009;167 p. (in Russian)].
7. Дубина Е.В. ДНК-технологии (молекулярное маркирование) в селекции риса и семеноводстве овощных культур: дис. д-ра биол. наук: 06.01.05 - Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений. Краснодар, 2019. 275 с. [Dubina, E.V. DNA Technologies (Molecular Marking) in Rice Breeding and Vegetable Crop Seed Production: Doctoral Dissertation in Biology: 06.01.05 - Breeding and Seed Production of Agricultural Plants. Krasnodar, 2019;275 p. (in Russian)].
8. Субботина Т.Н., Гусейнов О.А., Маслюкова И.Е., Николаева П.А., Харсекина А.Е. Молекулярная биология и генная инженерия: учебное пособие. Красноярск: Сибирский федер. ун-т, 2021. 234 с. [Subbotina T.N., Guseinov O.A., Maslyukova I.E., Nikolaeva P.A., Kharsekina A.E. Molecular Biology and Genetic Engineering: Textbook. Krasnoyarsk: Siberian Federal University, 2021;234 p. (in Russian)].
9. Фесенко И.А., Куклев М.Ю., Карлов Г.И. Создание ДНК-маркера гена устойчивости томата к фузариозному увяданию // Известия ТСХА. 2007. № 1. С. 66-71. [Fesenko I.A., Kuklev M.Yu., Karlov G.I. Development of a DNA marker for the gene of tomato resistance to Fusarium wilt. *Izvestiya TSKHA*. 2007;1:66-71 (in Russian)].
10. Уманов Р. Р. Статистическая обработка данных агрономических исследований в программе «STATISTICA»: учебно-методическое пособие. М.: РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2020;177 с. [Umanov, R. R. Statistical Processing of Agronomic Research Data in the STATISTICA Program: A Study Guide. Moscow: Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, 2020;177 p. (in Russian)].
11. Akbar K., Abbasi F., Ali H. Marker-assisted selection and pyramiding of I1 and Ph3 genes for multiple disease resistance in tomato through PCR analysis. *International Journal of Biosciences*. 2016;9:108-113.doi.org/10.12692/IJB/9.3.108-113
12. Arens P., MansillaC., DeinumD. et. al. Development and evaluation of robust molecular markers linked to disease resistance in tomato for distinctness, uniformity and stability testing. *Theoretical and applied genetics*. 2010;120(3):655-664. doi: 10.1007/s00122-009-1183-2
13. Bai Y., Sunarti S., Kissoudis C., Visser RGF, van der Linden CG. The Role of Tomato WRKY Genes in Plant Responses to Combined Abiotic and Biotic Stresses. *Front. Plant Sci*. 2018;9:801. doi: 10.3389/fpls.2018.00801
14. Brandwagt B.F., KneppersT. J., Nijkamp H. J., Hille J. Overexpression of the tomato Asc-1 gene mediates high insensitivity to AAL toxins and fumonisin B₁ in tomato hairy roots and confers resistance to *Alternaria alternata* f. sp. *lycopersici* in *Nicotiana umbratica* plants. *Mol Plant Microbe Interact*. 2002;15(1):35-42. doi: 10.1094/MPMI.2002.15.1.35
15. Brandwagt B. F., Mesbah L., Laurent P., Takken F. L. , Kneppers T. J., Nijkamp H. J. The Interaction of *Alternaria Alternata* f.sp. *Lycopersici* and its AAL-Toxins with Tomato. *Molecular Genetics of Host-Specific Toxins in Plant Disease*. 1998;132(4):317-330.
16. Chitwood-Brown J., Vallad G. E., Lee T. G., Hutton S. F. Breeding for Resistance to Fusarium Wilt of Tomato: A Review. *Genes (Basel)*. 2021;12(11):1673. doi: 10.3390/genes12111673
17. Clause S. D., Gilchrist D.G. Interaction of the asc locus in F₈ paired lines of tomato with *Alternaria alternata* f. sp. *lycopersici* and AAL-toxin. *Phytopathology*. 1987;77(1):80-82.
18. Foolad M., Panthee D. Marker-Assisted Selection in Tomato Breeding. *Critical Reviews in Plant Sciences*. 2012;31(2):93-123. doi: 10.1080/07352689.2011.616057
19. Kehkashan A. A., Sahib Gul, Sadaf B., Hamid A., Uzma R., Muniba F., Irfan U. Marker-assisted selection and

- pyramiding of I1 and Ph3 genes for multiple disease resistance in tomato through PCR analysis. *International Journal of Biosciences*. 2016;9:108-113.
20. Lim, G. T. T., Wang G.P., N. Hemming Megan, Sesanti Basuki et. al. Mapping the I-3 gene for resistance to Fusarium wilt in tomato: application of an I-3 marker in tomato improvement and progress towards the cloning of I-3. *Australasian Plant Pathology*. 2006;35:671-680. doi: 10.1071/AP06073
 21. Murray, M.G., Thompson W.F. Rapid isolation of high molecular weight DNA. *Nucleic Acids Res.* 1983;8:4321-4325. doi: 10.1093/nar/8.19.4321
 22. Mesbah L .A., Kneppers T. J., Takken F. L., Laurent P., Hille J., Nijkamp H. J. Genetic and physical analysis of a YAC contig spanning the fungal disease resistance locus Asc of tomato (*Lycopersicon esculentum*). *Mol Gen Genet*. 1999;261(1):5-23. doi: 10.1007/s004380050940
 23. Moghaddam G.A., Rezayatmand Z., Mehdi Nasr Esfahani M., Mahdi Khozaei Moghaddam M., G.A. Genetic defense analysis of tomatoes in response to early blight disease, *Alternaria alternata*. *Plant Physiol Biochem*. 2019;142:500-509. doi: 10.1016/j.plaphy.2019.08.011
 24. Mohtar E.I., Chooa A., Hagop Atamian S., Rachel Dagher B., Yusuf Abou-Jawdah, Melinda Salus S., Maxwell Douglas Mohtar P. Marker-Assisted Selection of Tomato Genotypes with the I-2 Gene for Resistance to Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici Race 2. *Plant disease*. 2007;91(6):758-762. doi: 10.1094/PDIS-91-6-0758
 25. Ori N., Eshed Y., Paran I., Presting G., Aviv D., Tanksley S., Zamir D., Fluhr R. The I2C family from the wilt disease resistance locus I2 belongs to the nucleotide binding, leucine-rich repeat superfamily of plant resistance genes. *Plant Cell*. 1997;9(4):521-532. doi: 10.1105/tpc.9.4.521
 26. Popoola A.R., Ercolano M.R., Feriello F. CAPS markers TAO1 and TG105 in the identification of I2 resistant gene in Nigerian accessions of tomato, *Solanum lycopersicum* L. *Niger J Biotech*. 2014;28:43-51. doi: 10.43.14/njb.v28i1
 27. Pérez-Almeida I., Morales-Astudillo R., Medina-Litardo R., Salcedo-Rosales G., Dascon A.F., Solano-Castillo T. Evaluación molecular de genotipos de tomate por su resistencia a *Meloidogyne incognita*, *Fusarium oxysporum* Y *Ralstonia solanacearum* con fines de mejoramiento. *Bioagro*. 2016;28(2):107-116.
 28. Pidigam S., Thuraga V., Munnam S.B., Amarapalli G., Kuraba G., Pandravada S.R., Nimmarajula S., Sudini H.K., Pidigam, S. Genetic diversity, population structure and validation of SSR markers linked to Sw-5 and I-2 genes in tomato germplasm. *Physiol Mol Biol Plants*. 2021;27(8):1695-1710. doi: 10.1007/s12298-021-01037-8
 29. Simsek D., Pinar H., Mutlu N. Development of Fusarium oxysporum f. Sp. Lycopersici (fol) and Fusarium oxysporum f.sp. Radicis lycopersici (forl) resistant tomato lines with the aid of marker assisted selection. *Current Trends in Natural Sciences*. 2018;7(13): 281-285.
 30. Shinde B.A., Dholakia B.B., Hussain K., Aharoni A., Giri A.P., Kamble A.C. WRKY1 acts as a key component improving resistance against *Alternaria solani* in wild tomato, *Solanum arcanum* Peralta. *Plant biotechnology journal*. 2018;16(8):1502-1513. doi: 10.1111/pbi.12892
 31. Tsuzuki R., Cabrera Pintado R.M., Biondi J.A. et. al. Thorndike Mutations Found in the Asc1 Gene That Confer Susceptibility to the AAL-Toxin in Ancestral Tomatoes from Peru and Mexico. *Plants (Basel)*. 2020;10(1):22 p. doi: org/10.3390/PLANTS10010047
 32. Walker J.C. Fusarium wilt of tomato: monograph. St. Paul. The American Phytopathological Society, 1971;56 p.
 33. Yu S.C., Zou Y.M. A co-dominant molecular marker of Fusarium wilt resistance gene I-2 derived from gene sequence in tomato. *Yi chuan Hereditas*. 2008;30(7):926-932. doi: 10.3724/sp.j.1005.2008.00926

Амбарцум Львович Назаров

Аспирант КубГАУ

E-mail: aln8181@mail.ru

ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ

350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13

Елена Викторовна Дубина

Заведующая лабораторией информационных, цифровых и биотехнологий

E-mail: lenakrug1@rambler.ru

ФГБНУ «ФНЦ риса»

350921, Краснодар, пос. Белозерный 3

Ambartcym L'vovich Nazarov

Postgraduate student

E-mail: aln8181@mail.ru

FSBEI HE Kuban SAU

13, Kalinina st., Krasnodar, 350044, Russia

Elena Victorovna Dubina

Head of the laboratory of information, digital and biotechnology

E-mail: lenakrug1@rambler.ru

FSBSI "FSC of Rice"

3, Belozerny, Krasnodar, 350921, Russia

DOI 10.33775/1684-2464-2026-70-1-17-24
УДК 631.8

Александрова А.А.,
Осминина Е.В., канд. с.-х. наук,
Вишнякова А.В. канд. с.-х. наук
г. Москва, Россия

ФАКТОРЫ СНИЖЕНИЯ СТЕПЕНИ КОНТАМИНАЦИИ АГЛАОНЕМЫ ИЗМЕНЕННОЙ ПРИ МИКРОКЛОНАЛЬНОМ РАЗМНОЖЕНИИ

Аглаонема измененная является одним из популярных растений в комнатном цветоводстве и активно используется в озеленении офисов, благодаря устойчивости к недостаточной освещенности и влажности воздуха. Посадочный материал поступает в Россию преимущественно из-за рубежа и при длительной перевозке часто поражается болезнями и является носителем внутренних инфекций, что затрудняет их введение в культуру *in vitro*, поэтому снижение степени контаминации является актуальной задачей для микроклонального размножения аглаонемы, как одного из видов, активно используемых во внутреннем озеленении. В данном исследовании изучено влияние различных концентраций гипохлорита натрия (NaOCl) (2, 3,5, 5 %) и времени экспозиции (5, 10, 15 мин), а также предобработки этанолом 70 % в сочетании с поверхностной стерилизацией гипохлоритом натрия. Изучено влияние предобработки эксплантов перед стерилизацией фунгицидами (Топаз, Раек, Плантенол, Геката), «Комплексным средством для очистки воды» на основе альгицида и биоцида (Mr. Pool), «Биоцидом-С» и альгицидом (Pool Cleaner), а также влияние обработки маточных растений фунгицидами системного действия. Влияние Биоцида-С на снижение контаминации и пролиферацию эксплантов изучали при добавлении в питательную среду в концентрациях 500, 1000, 1500 мкл/л. Установлено, что сочетание обработки растений аглаонемы за 2 недели до введения в культуру фунгицидом Топаз в рабочей концентрации с последующей предобработкой почек альгицидом и поверхностной стерилизацией в растворе гипохлорита натрия 2 % с добавлением 1-2 капель Tween-20 приводит к снижению контаминации на 80 % с сохранением жизнеспособности эксплантов. Установлено, что предобработка эксплантов «Биоцидом-С» в течение 30 минут приводит к снижению контаминации на 84 %.

Ключевые слова: Аглаонема измененная, *Aglaonema commutatum* Schott, микроклональное размножение, контаминация, культура *in vitro*.

FACTORS REDUCING THE DEGREE OF CONTAMINATION OF AGLAONEMA ALTEREDA DURING MICROCLONAL REPRODUCTION

Aglaonema commutatum is one of the popular plants in indoor floriculture and is actively used in office landscaping due to its resistance to insufficient lighting and air humidity. Planting material arrives in Russia predominantly from abroad and, during long transportation, is often affected by diseases and serves as carriers of internal infections, which complicates their introduction into *in vitro* culture. Therefore, reducing the degree of contamination is an urgent task for the microclonal propagation of aglaonema, as one of the species actively used in indoor landscaping. In this study, the influence of various concentrations of sodium hypochlorite (NaOCl) (2, 3.5, 5 %) and exposure time (5, 10, 15 min), as well as pretreatment with 70 % ethanol in combination with surface sterilization with sodium hypochlorite, was studied. The influence of explant pretreatment before sterilization with fungicides (Topaz, Raek, Planetenol, Hekata), "Complex water treatment agent" based on algicide and biocide (Mr. Pool), "Biocide-S" and algicide (Pool Cleaner), as well as the influence of treating mother plants with systemic fungicides, was studied. The effect of Biocide-S on reducing contamination and explant proliferation was studied by adding it to the nutrient medium at concentrations of 500, 1000, 1500 $\mu\text{l/l}$. It was established that the combination of treating aglaonema plants with the fungicide Topaz at working concentration 2 weeks before introduction into culture, followed by explant pretreatment with algicide and surface sterilization in a 2 % sodium hypochlorite solution with the addition of 1-2 drops of Tween-20, leads to an 80% reduction in contamination while maintaining explant viability. It was established that explant pretreatment with "Biocide-S" for 30 minutes leads to an 84% reduction in contamination.

Key words: *Aglaonema altereda*, *Aglaonema commutatum* Schott, microclonal propagation, contamination, *in vitro* culture.

Введение

Аглаонема (*Aglaonema* Schott) - род вечнозелёных растений тропического происхождения, принадлежащих к семейству ароидных (*Araceae*). Этот

род насчитывает более двадцати видов, произрастающих в естественных условиях в лесах Юго-Восточной Азии [7].

Аглаонемы ценятся в декоративном растение-

водстве за их привлекательные листья и относительную неприхотливость к условиям окружающей среды. Отмечается их способность адаптироваться к недостаточной освещённости и влажности, что делает их подходящими для выращивания в комнатных условиях и использования в фитодизайне. Наиболее часто используемым видом является Аглаонема измененная (*Aglaonema commutatum* Schott), на основе которого созданы многие популярные сорта [4, 8].

Способы вегетативного размножения аглаонемы измененной, такие как черенкование и деление корневых отпрысков, имеют определённые ограничения. Одним из основных недостатков является риск передачи различных патогенов, включая эндогенные инфекции сосудистой системы, от материнского растения к новым [6].

Кроме того, коэффициент размножения при использовании вегетативного размножения остаётся невысоким, что затрудняет массовое получение посадочного материала. При черенковании однолетнего растения аглаонемы с 18 почками получают в среднем 6-7 укорененных растений. Данный процесс может занимать от 6 до 9 месяцев [7]. В связи с этим актуальна разработка методов микроклонального размножения аглаонемы *in vitro*, которые предоставляет возможность получения большого количества генетически идентичных и здоровых растений в течение относительно короткого периода времени, что обеспечивает более высокую скорость размножения и исключает риск передачи патогенов [2]. Так, по данным Chen W. L. и Yeh D. M., из одного экспланта, представляющего собой пазушную почку, было получено в среднем до 6 побегов [3].

Несмотря на многообещающие перспективы, в микроклональном размножении аглаонемы есть определенные трудности, включая низкую скорость пролиферации побегов, проблемы с поддержанием асептических условий и недостаточность методической информации [3, 10]. Особенно остро стоит проблема с контаминацией эксплантов при введении в культуру, поскольку это сильно снижает эффективность микроклонального размножения. Sawardekar S. и Sandip S. сообщали о наличии контаминации эксплантов даже после третьего пассажа в культуре *in vitro*, а также о необходимости использования фунгицидов и антибиотиков при предобработке эксплантов [10].

В связи с трудностями при введении Аглаонемы измененной в культуру *in vitro* из-за внутренней инфекции посадочного материала, появляется необходимость разрабатывать эффективные способы снижения контаминации эксплантов данными инфекциями.

Цель исследований

Изучить факторы, влияющие на снижение кон-

таминации эксплантов Аглаонемы измененной (*Aglaonema commutatum* Schott) при введении в культуру *in vitro*.

В задачи исследования входило изучение влияния различных режимов стерилизации гипохлоритом натрия на снижение контаминации эксплантов аглаонемы, оценка эффективности предобработок этанолом, веществами на основе биоцида и альгицида, фунгицидами с последующей поверхностной стерилизацией гипохлоритом натрия на снижение степени контаминации. Кроме того, изучали влияние обработки маточных растений системными фунгицидами и влияние биоцида в составе питательной среды на снижение контаминации эксплантов и сохранение их жизнеспособности.

Материалы и методы

В качестве материала для исследований были использованы растения Аглаонемы измененной (*Aglaonema commutatum* Schott). Маточные растения содержали в условиях климатической комнаты, при температуре +22 °C с 18-ти часовым фото-периодом. Грунт использовали специализированный для выращивания Ароидных на основе песка, агроперлита и известняковой муки с соотношением содержания азота, фосфора и калия 1:1:1 (концентрация 250 мг/л). Проводили еженедельные подкормки комплексным удобрением для декоративно-лиственных культур (Bona Forte, Россия) в рекомендованных производителем концентрациях. Полив растений производили по мере подсыхания грунта, но не реже чем один раз в 10 дней.

В качестве эксплантов для введения в культуру *in vitro* использовали пазушные почки. Поверхностную стерилизацию проводили в условиях ламинарного бокса в водном растворе гипохлорита натрия (NaOCl) в концентрации 2 % с добавлением 1-2 капель Tween 20 в течение 10 минут с последующим трехкратным промыванием в стерильной дистиллированной воде в течение 1, 5, 10 минут. В качестве питательной среды использовали MS (Мурасиге – Скуга) (Biolot, Россия), дополненную сахарозой в концентрации 30 г/л и агар-агаром в концентрации 8 г/л, pH среды доводили до 5,7±0,1 перед автоклавированием при температуре 121°C и давлении 102 кПа в течение 20 минут [9]. Для стимуляции пролиферации побегов использовалась комбинация 6-бензиламинопурина (6-BAP) в концентрации 4,0 мг/л и нафтилуксусной кислоты (NAA) в концентрации 0,2 мг/л.

Для снижения степени контаминации эксплантов изучали разные варианты стерилизации. В качестве контроля во всех вариантах эксперимента использовали поверхностную стерилизацию в водном растворе гипохлорита натрия (NaOCl) 2 % с добавлением 1-2 капель Tween 20 в течение 10 минут.

В качестве основного стерилизующего агента

был выбран гипохлорит натрия (NaOCl), который использовали в концентрации 2, 3 и 5 % в экспозиции 5, 10, 15 мин. Дополнительно изучали влияние предобработки этанолом 70 % в течение 60 секунд с последующей поверхностной стерилизацией в растворе гипохлорита натрия в тех же концентрациях и экспозициях.

Эффективность предобработки эксплантов фунгицидами: «Плантенол» (Avgust), «Раёк» (Avgust), «Геката» (Avgust), «Топаз» (Syngenta), «Биоцидом-С» (СОФЭКС-Силикон), альгицидом (Pool Cleaner) и «Комплексным средством для очистки воды» (далее Комплексное средство), состоящим из биоцида и альгицида (Mr. Pool), изучали в экспозиции 30 минут. «Биоцид-С» это дезинфицирующее вещество, которое имеет широкий спектр действия и эффективно как против бактериальных, так и против грибных инфекций. Обработку пазушных почек, помещенных в раствор изучаемого соединения, проводили в чашках Петри, размещенных на шейкере-инкубаторе при 60 об/мин. Концентрация «Биоцида-С», «Альгицида» и «Комплексного средства для очистки воды» (Mr. Pool) была 100 %. Концентрацию фунгицидов выбирали исходя из рекомендаций производителя для декоративных культур: для фунгицида «Геката» – 7 мл/л, «Плантенол» – 5 г/л, «Раёк» – 0,8 мг/л, «Топаз» – 0,4 мл/л. После предобработки экспланты промывали в проточной воде от фунгицида и проводили поверхностную стерилизацию в водном растворе гипохлорита натрия (NaOCl) 2 % с добавлением 1-2 капель Tween 20 в течение 10 минут.

Кроме обработки эксплантов изучали влияние обработки фунгицидами маточных растений, с которых отбирали пазушные почки. Обработку проводили однократно за 2 недели до введения эксплантов в культуру in vitro и осуществляли путем полива рабочим раствором фунгицидом в тех же концентрациях, в которых проводили предобработку эксплантов. Поверхностную стерилизацию эксплантов осуществляли в водном растворе гипохлорита натрия (NaOCl) 2 % с добавлением 1-2 капель Tween 20 в течение 10 минут. В контрольном варианте обработку растений фунгицидами не проводили.

По результатам предыдущих экспериментов проводили изучение совместного влияния обработки маточных растений фунгицидом Топаз за 2 недели до введения в культуру и предобработки почек 100 % альгицидом (Pool Cleaner) в течение 30 минут перед стерилизацией в растворе гипохло-

рита натрия 2 % с добавлением 1-2 капель Tween 20 в течение 10 минут.

Варианты эксперимента.

1 - обработка маточных растений фунгицидом «Топаз» с предобработкой почек альгицидом (Pool Cleaner);

2 - обработка маточных растений фунгицидом «Топаз» без предобработки почек альгицидом (Pool Cleaner);

3 - предобработка почек альгицидом (Pool Cleaner) без обработки маточных растений фунгицидом «Топаз»;

4 - без обработки маточных растений фунгицидом и без предобработки почек альгицидом (Pool Cleaner).

Дополнительно изучали влияние Биоцида-С на степень контаминации при добавлении в питательную среду MS в концентрациях 500, 1000 и 1500 мг/л. Биоцида-С стерилизовали при помощи фильтра, добавляли в охлажденную до 40-45 °С питательную среду после автоклавирования. В качестве контроля использовали питательную среду MS без добавления Биоцида-С. При изучении влияния Биоцида-С в питательной среде поверхностную стерилизацию проводили в 3,5 % гипохлорите натрия с экспозицией 10 минут во всех вариантах опыта, а также в контрольном варианте.

Учет контаминации эксплантов проводили через 1-2 недели после инокуляции на питательную среду; кроме того, отмечали некротизированные почки без признаков контаминации. Уровень контаминации рассчитывали, как процентное отношение контаминированных эксплантов к общему количеству эксплантов, введенных в культуру. Все эксперименты заложены не менее, чем в 3-х кратной повторности, представленной пробиркой с почкой. Статистический анализ данных проводили при помощи критерия Манна-Уитни на 5 %-ном уровне значимости ($P < 0,05$) с использованием программного пакета R Studio.

Результаты и обсуждение

Через 2 недели после введения в культуру оценивали количество контаминированных и некротизированных эксплантов во всех вариантах поверхностной стерилизации. Среди инфекций наблюдали грибные и бактериальные. В таблице 1 представлены результаты по изучению влияния концентрации и экспозиции гипохлорита натрия на снижение степени контаминации эксплантов.

Таблица 1. Влияние концентрации и экспозиции гипохлорита натрия на степень контаминации эксплантов аглаонемы измененной

Стерилизующее вещество	Гипохлорит натрия 2 %			Гипохлорит натрия 3,5 %			Гипохлорит натрия 5 %		
Экспозиция, мин.	5	10	15	5	10	15	5	10	15
Число эксплантов, введенных в культуру, шт.	4	4	5	3	3	3	3	3	3

Продолжение таблицы 1

Стерилизующее вещество	Гипохлорит натрия 2 %			Гипохлорит натрия 3,5 %			Гипохлорит натрия 5 %		
	2a (50 %)	1a (25 %)	2a (40 %)	2a (66 %)	2a (66 %)	2a (66 %)	0a	0a	0a
Число контаминированных эксплантов, шт. (%)	2 (50 %)	3 (75 %)	3 (60 %)	1 (33 %)	1 (33 %)	1 (33 %)	3 (100 %)	2 (66 %)	2 (66 %)
Число жизнеспособных эксплантов, шт. (%)	0	0	0	0	0	0	0	1 (34 %)	1 (34 %)

Примечание - значения в строке, отмеченные одинаковыми строчными буквами (a, b), согласно U-критерию Манна-Уитни не имеют существенного различия на 5 %-ном уровне значимости ($P \leq 0,05$)

Самая низкая степень контаминации отмечена при стерилизации 5 % гипохлоритом натрия при всех экспозициях (0 %). При экспозиции 5 минут наблюдали некроз тканей у всех эксплантов, но контаминации не отметили. При экспозиции 10 и 15 минут так же контаминированных эксплантов не зафиксировано, а количество некротизированных почек составило 66 % в обоих вариантах. При стерилизации 2 % гипохлоритом натрия в течение 10 минут наблюдали низкую степень контаминации (25 %), однако у остальных эксплантов (75 %) отметили признаки некротизации. При стерилизации 3,5 % гипохлорите натрия во всех вариантах экспозиций наблюдали самую высокую степень контаминации (66 %), у остальных 33 % почек отметили некроз тканей (рис. 1). При проведении оценки степени контаминации отмечали наличие бактериальной и грибной инфекции.

Однако при статистической обработке данных значимой разницы между вариантами опыта и контрольным вариантом не выявили.

В таблице 2 представлены результаты изучения влияния предобработки 70^{ти} процентным этанолом на снижение контаминации эксплантов.

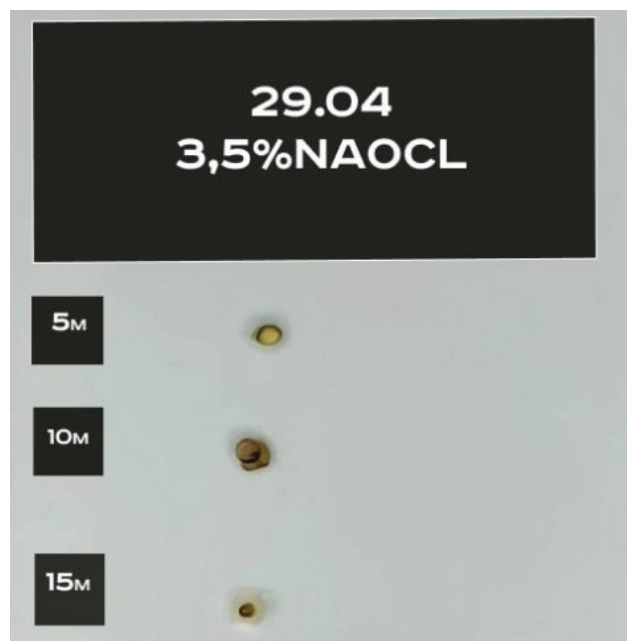


Рисунок 1. Некротизация эксплантов Аглаонемы измененной после поверхностной стерилизации 3,5 % NaOCl в разных экспозициях

Таблица 2. Влияние предобработки этанолом 70 % на степень контаминации эксплантов аглаонемы измененной

Стерилизующее вещество	Этанол 70 %								
	гипохлорит натрия 2 %			гипохлорит натрия 3,5 %			гипохлорит натрия 5 %		
Экспозиция, мин.	5	10	15	5	10	15	5	10	15
Число эксплантов, введенных в культуру, шт.	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Число контаминированных эксплантов, шт. (%)	1 a (33 %)	3 a (100 %)	3 a (100 %)	1 a (33 %)	0 a	1 a (33 %)	1 a (33 %)	2 a (67 %)	2 a (67 %)
Число некротизированных эксплантов, шт. (%)	2 (67 %)	0	0	2 (67 %)	3 (100 %)	2 (67 %)	1 (33 %)	1 (33 %)	1 (33 %)
Число жизнеспособных эксплантов, шт. (%)	0	0	0	0	0	0	1 (33 %)	0	0

Примечание - значения в строке, отмеченные одинаковыми строчными буквами (a, b), согласно U-критерию Манна-Уитни не имеют существенного различия на 5 %-ном уровне значимости ($P \leq 0,05$)

При изучении влияния этанола 70 % отмечено, что предобработка с последующей поверхностной стерилизацией гипохлоритом натрия 5 % в течение 5 минут приводит к снижению числа контаминиро-

ванных (33 %) и некротизированных эксплантов (33 %) по сравнению с другими вариантами стерилизации. Статистически значимых различий не выявлено.

В таблице 3 представлены результаты экспериментов по влиянию предобработки средствами, содержащими Биоцид на снижение контаминации эксплантов.

Таблица 3. Влияние предобработки биоцидными средствами на степень контаминации эксплантов аглаонемы измененной

Поверхностная стерилизация	Гипохлорит натрия 2 %, 10 мин		
Предобработка	Контроль	Биоцид-С 100 %	Комплексное средство 100 % (Mr. Pool)
Экспозиция	-	30	30
Число эксплантов, введенных в культуру, шт.	6	6	5
Число контаминированных эксплантов, шт. (%)	6 а (100 %)	1 б (16 %)	3 а (60 %)
Число некротизированных эксплантов, шт. (%)	0	4 (66 %)	0
Число жизнеспособных эксплантов, шт. (%)	0	1 (16 %)	2 (40 %)

Примечание - значения в строке, отмеченные одинаковыми строчными буквами (а, б), согласно U-критерию Манна-Уитни не имеют существенного различия на 5 %-ном уровне значимости ($P \leq 0,05$)

Были отмечены существенные различия с контрольным вариантом у варианта опыта с предобработкой биоцидом-С в течение 30 минут (16 % контаминированных эксплантов). При этом отмечена высокая степень некротизации эксплантов (4 из 6 шт., введенных в культуру). Предобработка комплексным средством снизила степень контаминации на 40 % по сравнению с контролем, а некротизированных почек не зафиксировано.

Таким образом, несмотря на отсутствие значимых достоверных различий предобработка комплексным средством в течение 10 минут с последующей поверхностной стерилизацией в растворе гипохлорита натрия 2 % в течение 10 минут приводит к наиболее высокому числу жизнеспособных почек аглаонемы.

В таблице 4 показаны результаты эксперимента по предобработке эксплантов аглаонемы измененной системными фунгицидами на снижение контаминации.

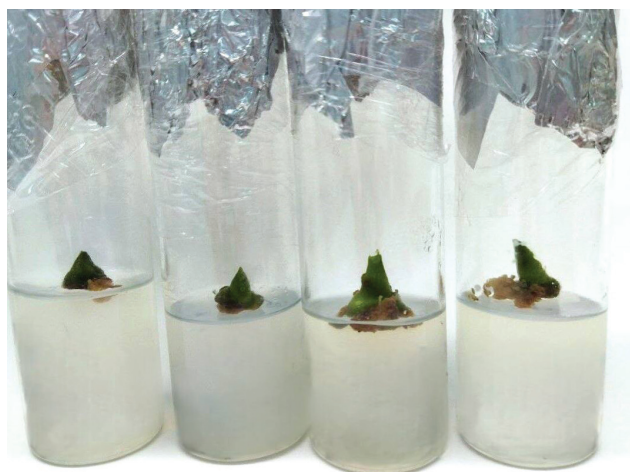


Рисунок 2. Жизнеспособные экспланты почек *Aglaonema commutatum* на 126 день после успешной стерилизации

Таблица 4. Влияние предобработки почек аглаонемы измененной фунгицидами на снижение степени контаминации эксплантов аглаонемы измененной

Варианты опыта	Без предобработки	Плантонол	Геката	Раёк	Топаз
Экспозиция, мин.	10	30	30	30	30
Число эксплантов, введенных в культуру, шт. (%)	6	6	6	7	7
Число контаминированных эксплантов, шт. (%)	6 а (100 %)	5 а (83 %)	6 а (100 %)	7 а (100 %)	7 а (100 %)
Число некротизированных эксплантов, шт (%)	0	0	0	0	0
Число жизнеспособных эксплантов, шт. (%)	0	1 (17 %)	0	0	0

Примечание - Значения в строке, отмеченные одинаковыми строчными буквами (а, б), согласно U-критерию Манна-Уитни не имеют существенного различия на 5 %-ном уровне значимости ($P \leq 0,05$)

Предобработка фунгицидом «Плантонол» в течение 30 минут снизила степень контаминации на 17 % по сравнению с контрольным вариантом опыта, однако существенные различия не подтвердились. Предобработка фунгицидами «Геката», «Раёк» и «Топаз» не повлияла на степень контаминации

эксплантов. Во всех вариантах степень контаминации была 100 %.

Влияние обработки маточных растений системными фунгицидами за две недели до введения почек в культуру in vitro на уровень контаминации эксплантов представлено в таблице 5.

Таблица 5. Влияние предварительной обработки маточных растений *ex vitro* на степень контаминации эксплантов аглаонемы измененной

Варианты опыта	Фунгицид				Контроль
	Плантонол	Геката	Раёк	Топаз	
Число эксплантов, введенных в культуру, шт.	6	7	5	7	6
Число контаминированных эксплантов, шт. (%)	6 а (100 %)	5 а (71 %)	4 а (80 %)	5 а (71 %)	6 а (100 %)
Число некротизированных эксплантов, шт. (%)	0	0	0	0	0
Число жизнеспособных эксплантов, шт. (%)	0	2 (29 %)	1 (20 %)	2 (21 %)	0

Примечание - Значения в строке, отмеченные одинаковыми строчными буквами (а, b), согласно U-критерию Манна-Уитни не имеют существенного различия на 5 %-ном уровне значимости ($P \leq 0,05$)

Обработка растений фунгицидами «Геката» и «Топаз» снизили степень контаминации эксплантов аглаонемы измененной на 29 % по сравнению с контрольным вариантом опыта. В этих вариантах опыта некротизацию эксплантов не наблюдали, а существенных различий не выявили во всех вари-

антах эксперимента.

В таблице 6 представлены данные, полученные в опыте по сочетанию обработки маточных растений фунгицидом «Топаз» за две недели до введения в культуру *in vitro* и последующей предобработкой эксплантов альгицидом.

Таблица 6. Влияние сочетания обработки маточных растений фунгицидом «Топаз» и предобработки эксплантов аглаонемы измененной альгицидом (Pool Cleaner)

Вариант опыта	Топаз + альгицид, 30 мин	Топаз	Альгицид, 30 мин	Без обработок (контроль)
Число эксплантов, введенных в культуру, шт. (%)	5	7	25	6
Число контаминированных эксплантов, шт. (%)	1 b (20 %)	5 а (71 %)	18 а (72 %)	6 а (100 %)
Число некротизированных эксплантов, шт. (%)	0	0	0	0
Число жизнеспособных эксплантов, шт. (%)	4 (80 %)	2 (29 %)	7 (28 %)	0

Примечание - Значения в строке, отмеченные одинаковыми строчными буквами (а, b), согласно U-критерию Манна-Уитни не имеют существенного различия на 5 %-ном уровне значимости ($P \leq 0,05$)

Сочетание обработки маточных растений за 2 недели до введения в культуру эксплантов фунгицидом «Топаз» с последующей предобработкой эксплантов альгицидом Pool Cleaner в течение 30 минут существенно снизила степень контаминации, а именно на 80 % по сравнению с контрольным опытом без предобработки. В варианте опыта с предобработкой альгицидом без обработки маточных растений степень контаминации снизилась на 28 %, а в опыте с обработкой фунгицидом маточных

растений, но без предобработки эксплантов альгицидом на 29 %, однако существенных различий с контрольным вариантом не обнаружено.

Добавление Биоцида в питательную среду оказывает пролонгированное влияние на экспланты *in vitro*, что потенциально может снизить уровень контаминации, но при этом повлиять на жизнеспособность эксплантов и их способность к пролиферации. Результаты эксперимента по влиянию биоцида при добавлении его в питательную среду представлены в таблице 7.

Таблица 7. Влияние Биоцида-С на снижение степени контаминации эксплантов аглаонемы измененной при добавлении в питательную среду MS

Вариант опыта	Контроль среда без добавления Биоцид-С	Концентрация Биоцид-С в питательной среде, мкл/л		
		500	1000	1500
Число эксплантов, введенных в культуру, шт (%)	3	9	9	9
Число контаминированных эксплантов, шт (%)	2 а (67 %)	3 b (33 %)	1 b (11 %)	1 b (11 %)
Число некротизированных эксплантов, шт (%)	1 (33 %)	6 (67 %)	8 (88 %)	8 (88 %)
Число жизнеспособных эксплантов, шт (%)	0	0	0	0

Примечание - Значения в строке, отмеченные одинаковыми строчными буквами (а, b), согласно U-критерию Манна-Уитни не имеют существенного различия на 5 %-ном уровне значимости ($P \leq 0,05$)

Добавление Биоцида-С в питательную среду привело к снижению контаминации. В вариантах опыта

с концентрацией биоцида 1000 и 1500 мкл/л степень контаминации снизилась до 11 %, а с концентрацией

500 мкл/л до 33 %. Однако во всех вариантах опыта отмечен высокий процент некротизированных эксплантов, при концентрации 1000 и 1500 мкл/л биоцида – 88 %, а при концентрации 500 мкл/л – 66 %. Все варианты опыта имеют существенные различия.

Эндогенные и экзогенные микроорганизмы являются одним из главных ограничивающих факторов микрочлонального размножения представителей семейства Ароидные, включая род Аглаонема [6].

Наиболее часто используемым способом поверхностной стерилизации эксплантов является стерилизация в водном растворе соединений на основе хлора с последующим многократным промыванием в стерильной дистиллированной воде. Ряд авторов проводит двухступенчатую стерилизацию в растворе этанола 70 % в течение 1-3 мин с последующей стерилизацией в растворе соединений на основе активного хлора. Важное значение имеют концентрация стерилизующего агента и время экспозиции. Так, El-Mahrouk M. E. с соавторами стерилизует сегменты стебля аглаонемы в растворе этанола 70 % в течение 3 мин, затем переносит в раствор сулемы ($HgCl_2$) 0,1 % с экспозицией 10 мин [5]. Fang J. Y. с соавторами использует в своем исследовании в качестве стерилизующего агента 1 % раствор гипохлорита натрия с экспозицией 20 мин с предварительной стерилизацией в течение 1 мин в растворе 70 %-ного этанола [6].

В нашем исследовании отмечено, что использование одноступенчатой стерилизации в растворе гипохлорита натрия в концентрациях 2, 3,5 % в течение 5, 10, 15 мин приводит в среднем к контаминации более, чем 50 % эксплантов. При этом использование гипохлорита натрия в концентрации 5 % в течение 10 и 15 минут приводит к гибели более, чем 60 % эксплантов. При стерилизации в растворе 5 % растворе гипохлорита натрия в течение 5 минут наблюдали 1 жизнеспособную почку. Во всех остальных вариантах отметили гибель всех почек в результате контаминации или повреждения и некроза тканей. Использование двухступенчатой стерилизации с предварительной стерилизацией в растворе этанола 70 % в течение 1 минуты не привело к увеличению числа жизнеспособных почек по сравнению с одноступенчатой. Отмечена 1 жизнеспособная почка при стерилизации раствором этанола 70 % с последующей стерилизацией раствором гипохлорита натрия 5 % в течение 5 минут.

Одним из способов, снижающим степень контаминации эндогенными бактериальными инфекциями, является обработка растений перед поверхностной стерилизацией. Согласно данным Chen W. L. и Yeh D. M., обработка сегментов побегов аглаонемы в растворе стрептомицина в течение 24 часов привела к значительному снижению контаминации и некрозу эксплантов [3]. Abass M. M. с соавторами в своем исследовании проводил предобработку черенков аглаонемы в растворе фунгицида Moncut

в концентрации 3 г/л в течение 30 минут для снижения степени контаминации [1].

В результате наших исследований отмечено, что предобработка Биоцидом-С черенков аглаонемы с последующей стерилизацией в растворе гипохлорита натрия 2 % в течение 10 минут приводит к статистически достоверному повышению числа жизнеспособных почек аглаонемы. Предобработка комплексным веществом приводит к незначительному повышению числа жизнеспособных эксплантов. При изучении влияния предобработки фунгицидами Платенол, Геката, Раек, Топаз наблюдали контаминацию 83-100 % эксплантов.

Обработка маточных растений является еще одним широко используемым способом снижения степени контаминации. Так, согласно исследованию Chen W. L. и Yeh D. M. прекращение полива за 2 месяца до введения в культуру почек аглаонемы приводит к значительному снижению числа контаминированных эксплантов [3].

В нашем исследовании выявлено, что полив растений за 2 недели до введения в культуру растворами фунгицидов Платенол, Геката, Раек, Топаз не привели к статистически достоверному снижению степени контаминации и повышению числа жизнеспособных почек аглаонемы. Однако сочетание обработки маточных растений фунгицидом Топазом и предобработки почек аглаонемы перед введением в культуру в растворе Альгицида значительно снижает число контаминированных эксплантов (со 100 % до 20 %). При этом не наблюдали некротизированных почек.

Добавление в питательную среду соединений, способствующих угнетению бактериальных патогенов – широко практикующийся метод при микрочлональном размножении растений. Согласно исследованиям Chen W. L. и Yeh D. M. наиболее эффективным методом снижения степени контаминации при микрочлональном размножении аглаонемы является добавление в питательную среду стрептомицина в концентрации 200 мг/л значительно снижает степень контаминации [3].

В нашем исследовании выявлено, что добавление Биоцида-С в концентрации 500 мг/л приводит к значимому снижению числа контаминированных эксплантов (67 % некротизированных эксплантов без добавления Биоцида-С, 18 % в среднем при добавлении Биоцида-С). При этом значительно увеличилась доля некротизированных почек (33 % без добавления Биоцида-С, 81 % в среднем при добавлении Биоцида-С).

Таким образом, для снижения степени контаминации при микрочлональном размножении аглаонемы рекомендуется проводить полив фунгицидом Топаз в рабочей концентрации за 2 недели до введения в культуру с последующей предобработкой почек альгицидом в течение 30 минут. Поверхностную стерилизацию проводить раствором гипохлорита натрия 2 % с добавлением 1-2 капель Tween-20 в течение 10 минут.

Выводы

В результате исследований было выявлено су-

щественное влияние на снижение контаминации эксплантов Аглаонемы измененной предобработки эксплантов «Биоцид-С» в течение 30 минут, с последующей стерилизацией 2 % гипохлоритом натрия в течение 10 минут, однако такой режим стерилизации вызывал некротизацию тканей экспланта. Для снижения контаминации с сохране-

нием жизнеспособности эксплантов наилучшим вариантом было сочетание обработки маточных растений системным фунгицидом «Топаз» в концентрации 0,4 мл/л и последующей предобработки эксплантов 100 % альгицидом (Pool Cleaner) в течение 30 минут с последующей стерилизацией 2 % гипохлоритом натрия в течение 10 минут.

Литература/References

1. Abass MM, El-Shamy HA, Dawh AK, Sayed SS. Micropropagation of *Aglaonema commutatum* Schott. Zagazig J Agric Res. 2016;43(2):363-376. doi 10.21608/zjar.2016.101518
2. Barakat AA, Gaber MK. Micropropagation and ex vitro acclimatization of *Aglaonema* plants. Middle East J Appl Sci. 2018;8(4):1425-1436.
3. Chen WL, Yeh DM. Elimination of in vitro contamination, shoot multiplication, and ex vitro rooting of *Aglaonema*. HortScience. 2007;42(3):629-632. doi 10.21273/HORTSCI.42.3.629
4. El-Gedawey HIM, Hussein SE. Micropropagation of *Aglaonema* 'Lady Valentine' by axillary shoots explants. Egyptian Acad J Biol Sci. 2022;13(2):129-142. doi 10.21608/eajbsh.2022.273593
5. El-Mahrouk ME, Dewir YH, Naidoo Y. Micropropagation and genetic fidelity of the regenerants of *Aglaonema* 'Valentine' using randomly amplified polymorphic DNA. HortScience. 2016;51(4):398-402. doi 10.21273/HORTSCI.51.4.398
6. Fang JY, Hsu YR. Molecular identification and antibiotic control of endophytic bacterial contaminants from micropropagated *Aglaonema* cultures. Plant Cell Tiss Organ Cult. 2012;110(1):53-62. doi 10.1007/s11240-012-0129-6
7. Labasano ST. Application of Kinetin and naphthalene acetic acid (NAA) for the growth and development of *Aglaonema tricolor* explants. Davao Res J. 2018;12:19-27. doi 10.59120/drj.v12i1.12
8. Mariani TS, Firriani A, Wicaksono A, Teixeira da Silva JA, Chia TF. Micropropagation of *Aglaonema* using axillary shoot explants. Int J Basic Appl Sci IJBAS-IJENS. 2011;11(01):27-30.
9. Murashige T, Skoog F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue culture. Physiol Plant. 1962;15:473-497.
10. Sawardekar S, Sherkar S. Advances in micropropagation of *Aglaonema* var. Red Valentine. Int J Adv Biochem Res. 2024;8(2):668-675. doi 10.33545/26174693.2024.v8.i2h.821

Анастасия Алексеевна Александрова

Аспирант кафедры молекулярной селекции, клеточных технологий и семеноводства
E-mail: a.alexandrova@rgau-msha.ru

ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева
127550, Российская Федерация, г. Москва,
ул. Тимирязевская, 49А

Anastasia Alekseevna Alexandrova

PhD student of Department of Molecular Breeding, Cell Technologies, and Seed Production
E-mail: a.alexandrova@rgau-msha.ru

Russian State Agrarian University – Moscow
Timiryazev Agricultural Academy
49, Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russia

Екатерина Васильевна Осминина

Научный сотрудник Проектного центра агротехнологий
E-mail: E.osminina@skoltech.ru

Сколковский институт науки и технологий
125480, Российская Федерация,
г. Москва, ул. Героев Панфиловцев, 22

Ekaterina Vasilevna Osminina

Researcher at the Project Center for Agrotechnologies
E-mail: E.osminina@skoltech.ru

Skolkovo Institute of Science and Technology
Skoltech, 22, Geroev Panfilovtsev St.,
Moscow, 125480, Russia

Савва Павлович Алешечкин

Студент кафедры молекулярной селекции, клеточных технологий и семеноводства
E-mail: aleshechkin04@inbox.ru

Savva Pavlovich Aleshechkin

Student of Department of Molecular Breeding, Cell Technologies, and Seed Production
E-mail: aleshechkin04@inbox.ru

Анастасия Васильевна Вишнякова

Доцент кафедры молекулярной селекции, клеточных технологий и семеноводства
E-mail: a.vishnyakova@rgau-msha.ru

Anastasia Vasilevna Vishnyakova

Associate Professor of Department of Molecular Breeding, Cell Technologies, and Seed Production
E-mail: a.vishnyakova@rgau-msha.ru

ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева
127550, Российская Федерация,
г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

Russian State Agrarian University – Moscow
Timiryazev Agricultural Academy
49, Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russia

DOI 10.33775/1684-2464-2026-70-1-25-33
УДК 634.8

Дорошенко Н.П., д-р с.-х. наук,
Пузырнова В.Г., канд. с.-х. наук,
г. Новочеркасск, Россия

ПРИМЕНЕНИЕ 6-БЕНЗИЛАМИНОПУРИНА ПРИ КЛОНАЛЬНОМ МИКРОРАЗМНОЖЕНИИ ВИНОГРАДА

Целью исследований было изучение влияния цитокинина 6-бензиламинопурина (6-БАП) на рост и развитие растений винограда в культуре *in vitro*. Исследовано применение фитогормона 6-БАП на этапах ввода в асептическую культуру, пролиферации, микрочеренкования, депонирования. Исследования проведены в лаборатории биотехнологии института виноградарства и виноделия имени Я.И. Потапенко по общепринятым в биотехнологии методикам Ф.Р. Уайта, Р.Г. Бутенко, П.Я. Голодрига и др. усовершенствованным в лаборатории биотехнологии ВНИИВиВ им Я.И. Потапенко с соблюдением строгой стерильности на сортах винограда Ритон, Лакхеди мезешь, Фиолетовый ранний, подвой 16/3, Грушевский белый, Алан 3, Росинка, Пино нуар, Мерло. Выявлено, что оптимальное содержание гормона в питательной среде на первом этапе ввода для сортов Ритон, Лакхеди Мезешь, подвой 16-3 – 1,0 мг/л; для сортов Фиолетовый ранний, Грушевский белый, Росинка, Алан 3 – 2,0 мг/л. Добавление на этапе пролиферации в питательную среду цитокинина 6-БАП в первом пассаже 1,0 мг/л, со второго пассажа 2,0 мг/л индуцирует развитие многочисленных пазушных побегов. Также исследовали введение 6-БАП в питательную среду Мурасиге и Скуга при обычном (2,0 %), удвоенном и утроенном количестве сахарозы. Добавление 0,05 мг/л 6-БАП в питательную среду с содержанием сахарозы 20,0 г/л обеспечивает повышение жизнеспособности растений, что приводит к увеличению выхода микрочеренков более чем в 2 раза и повышает эффективность клонального микроразмножения. Лучшая жизнеспособность и сохранность растений на протяжении всего периода культивирования отмечена в комбинации сахароза 10,0 г/л + 6-БАП 0,05 мг/л. В этом варианте высокая потенциальная возможность более длительного беспересадочного хранения микрорастений, и создания коллекции этих сортов *in vitro*.

Ключевые слова: сорт, эксплантат, *in vitro*. меристема, этап ввода, пролиферация, побег, микрочеренкование, коллекция

THE USE OF 6-BENZYLAMINOPURINE IN CLONAL GRAPEVINE MICROPROPAGATION

The aim of the research was to study the effect of cytokinin 6-benzylaminopurine (6-BAP) on the growth and development of grape plants in *in vitro* culture. The use of phytohormone 6-BAP at the stages of introduction into aseptic culture, proliferation, micro cutting, and deposition has been studied. The research was carried out in the laboratory of biotechnology of the Institute of Viticulture and Winemaking named after Ya.I. Potapenko according to the methods of F.R. White, R.G. Butenko, P.Ya. Golodrig and others generally accepted in biotechnology and improved in the Laboratory of Biotechnology while maintaining strict sterility on the following grape varieties: Riton, Lakhedi Mezesh, Violet Early, rootstock 16/3, Grushevsky White, Alan 3, Rosinka, Pinot Noir, Merlot. The use of phytohormone 6-BAP at the stages of introduction into aseptic culture, proliferation, micropropagation, and deposition has been studied. It was revealed that its optimal content in the nutrient medium at the first stage of introduction for the varieties Riton, Lakhedi Mezesh, rootstock 16-3 is 1.0 mg/l; for the varieties Fioletoviy raniy, Grushevsky beliy, Rosinka, Alan 3 – 2.0 mg/l. The addition of cytokinin 6-BAP to the nutrient medium at the proliferation stage in the first passage of 1.0 mg/l, from the second passage of 2.0 mg/l induces the development of numerous axillary shoots. The addition of 6-BAP to Murashige and Skoog nutrient medium was also studied with the standard (2.0 %), doubled, and tripled amounts of sucrose. Addition of 0.05 mg/L 6-BAP to a nutrient medium containing 20.0 g/L sucrose increased plant viability, more than doubling the yield of microcuttings and enhancing the efficiency of clonal micropropagation.. The best viability and preservation of plants throughout the entire cultivation period was noted in the sucrose variant of 10.0 g/l + 6-BAP 0.05/mg/l. In this variant, the potential for longer continuous storage of microplants and the creation of an *in vitro* collection of these varieties is high.

Key words: variety, explant, *in vitro*, meristem, entry stage, proliferation, shoot, micro-cutting, collection.

Введение

6-бензиладенин (также известный как 6-БАП) — это высокоэффективный фитогормон, относящийся к классу цитокининов, который активно применяется в сельском хозяйстве и биотехнологии для стимуляции роста и развития растений. Представляет собой белое кристаллическое вещество (мелкие кристаллы) с формулой $C_{12}H_{11}N_5$ и молекулярной массой 225,25 г/моль. Чистота действующего вещества составляет не менее 99 %. Вещество плавится при 229,5 °С, а при дальнейшем нагреве до 245 °С разлагается (кипения не достигает из-за раз-

ложения). Его плотность при 95 °С равна 0,42 г/мл. 6-БАП обладает низкой растворимостью в воде (64,5 мг/л), поэтому для приготовления рабочих растворов его не растворяют напрямую в воде, а используют специальные методики. Препарат токсичен, требует хранения в герметично закрытой таре, защищенной от света и воздуха. Гарантийный срок хранения составляет 3 года.

Вещество известно под многочисленными синонимами, что отражает его широкое распространение. Помимо 6-БАП и 6-Бензиладенина, это 6-Benzylaminopurine, Benzyladenine, N6-

Benzyladenine, CytokininB, Adenine, Benzyl (purin-6-yl) amine и многие другие (всего около сотни наименований).

6-Бензиладенин — это фитогормон широкого спектра действия, который комплексно влияет на физиологию растений:

- рост и развитие – стимулирует активное деление клеток, вызывая пробуждение боковых почек и образование мощных боковых побегов, а также разрастание корневой поросли. При этом он может сдерживать чрезмерный рост главного побега, делая растение более крепким и кустистым;

- омоложение и фотосинтез – увеличивает вегетативную массу (стебли и листья), ускоряет процесс фотосинтеза за счет повышения содержания хлорофилла в клетках. Препятствует старению листьев, отодвигая сроки их естественного пожелтения даже при осеннем похолодании;

- стрессоустойчивость – активирует иммунную систему растений, помогая им легче переносить неблагоприятные условия: холода, затяжные дожди, затопление почвы, засоление или изменение кислотности. Усиливает газообмен (поглощение CO₂ и выделение O₂) за счет более активной работы устьиц;

- восстановление и защита – ускоряет регенерацию растений после повреждений вредителями (в 1,5–2 раза быстрее). Исследования также подтверждают его способность снижать негативное воздействие радиации: 6-БАП препятствует возникновению и накоплению хромосомных мутаций в клетках, хотя и не является полной защитой от излучения.

Благодаря стабильности химической структуры (в том числе при автоклавировании), эффективности в индуцировании морфогенеза и надежности в промышленном производстве, 6-БАП является одним из самых востребованных цитокининов в мировой практике клонального микроразмножения растений [3, 8–10, 12, 1, 13, 15, 11].

Цель исследований

Изучить влияние цитокинина 6-бензиламинопурина (6-БАП) на рост и развитие растений винограда в культуре *in vitro*.

Материалы и методы

Эксперимент выполнен в лаборатории биотехнологии ВНИИВиВ им. Я.И. Потапенко. Методическая база — общепринятые протоколы (Уайт, Бутенко, Голодрига), оптимизированные в институте [2, 4, 5, 6, 14].

В ходе эксперимента была соблюдена строгая стерильность при работе с сортами винограда: Ритон, Лакхеди Мезешь, Фиолетовый ранний, подвой 16/3, Грушевский белый, Алан 3, Росинка, Пино нуар, Мерло. Для исследования отбирались визуально здоровые растения без признаков поражения. Микрочеренкование проводилось в ламинарном боксе «Фортран».

Раствор 6-БАП готовился с использованием этилового спирта (крепостью не менее 80 %) в хими-

чески стойкой термостеклянной посуде. Навеску фитогормона помещали в широкогорлую емкость и заливали спиртом из расчета 50 мл на 1 г вещества. Растворение проводили на водяной бане при постоянном перемешивании до получения прозрачной жидкости. При наличии осадка допускалось добавление спирта или проверка его концентрации. Полученный маточный раствор разводили дистиллированной водой в пропорции от 1:10 до 1:100 в зависимости от требуемой концентрации. Хранение растворов не допускалось (допустимо не более суток в темной таре при 2–8 °С).

Опыт включал 3 повторности по 10 растений в каждой. Культивирование проходило в условиях: освещенность 3,0 тыс. люкс, фотопериод 16/8 ч, температура 25–27±2 °С, влажность 70–75 %. В процессе регенерации учитывались: приживаемость, инфекционная гибель, остановка развития, число и длина корней (средняя длина, ризогенная зона), высота растений, количество листьев (общее и на 1 см побега), скорость роста и коэффициент полярности.

Результаты и обсуждение

В лаборатории биотехнологии была разработана методика оздоровления растений, пораженных вирусами и микоплазменными инфекциями. В основе метода лежит культивирование апикальных меристем с использованием эксплантов размером 0,1–0,2 мм. Именно такие фрагменты обеспечивают наиболее эффективное освобождение (элиминацию) патогенов.

Процесс включает несколько последовательных стадий:

- вычленение экспланта (из центральных почек глазков);
- выделение верхушечной меристемы и введение её в стерильную культуру *in vitro*;
- стимулирование образования адвентивных побегов;
- укоренение полученных побегов;
- получение растений в условиях *in vitro*;
- пересадка растений-регенерантов в почву для дальнейшего роста.

Первоначально, необходимо было установить оптимальное содержание цитокинина 6-БАП в питательной среде на отдельных этапах клонального размножения для различных сортов винограда.

В таблице 1 показано влияние 6-БАП в количестве 0,1–5,0 мг/л на развитие меристем сортов Ритон, Лакхеди Мезешь, Фиолетовый ранний, подвой 16-3 на твердой питательной среде на первом этапе ввода.

Установлено, что приживаемость и дифференциация меристем на первом этапе ввода зависит от содержания 6-БАП. Оптимальное содержание в питательной среде в этот период для сортов Ритон, Лакхеди Мезешь, подвой 16-3 – 1,0 мг/л; для сортов Фиолетовый ранний, Грушевский белый, Росинка, Алан 3 – 2,0 мг/л.

Таблица 1. Дифференциация меристем на первом этапе ввода в зависимости от концентрации 6-БАП в твердой питательной среде

Сорт	Содержание 6-БАП, мг/л	Гибель, %		Степень развития меристем, %		
		от инфекции	от отсутствия развития	слабая до 1 мм	удовлетворительная 1-2 мм	хорошая >2 мм
Ритон	0,1	10,0	10,0	25,0	35,0	20,0
	0,5	-	9,5	19,0	28,6	42,9
	1,0	-	-	-	22,7	77,3
	2,0	-	10,0	25,0	35,0	30,0
	3,0	-	-	36,3	45,4	18,3
	5,0	-	17,6	17,6	29,4	35,4
Лакхеде мезешь	0,5	-	4,6	59,2	31,8	4,5
	1,0	-	14,3	9,5	23,8	52,4
	2,0	-	33,3	14,3	23,8	23,8
	3,0	-	27,3	36,3	31,8	4,6
Фиолетовый ранний	0,5	10,7	3,5	36,7	17,9	32,2
	1,0	10,7	25,0	21,4	10,7	32,2
	2,0	3,6	3,6	7,2	28,6	57,0
	3,0	-	28,6	35,7	21,4	14,3
Подвой 16-3	0,5	-	52,4	14,3	19,0	14,3
	1,0	-	-	45,4	13,6	41,0
	2,0	-	33,3	22,7	18,3	22,7
	3,0	-	14,3	47,6	38,1	-
	5,0	-	19,0	81,0	-	-

Цель второго этапа (микроразмножения) — получение максимального числа мериклонов [7]. Для индукции множества пазушных побегов в пита-

тельную среду вводят цитокинин 6-БАП: 1,0 мг/л — в первом пассаже, и 2,0 мг/л — в последующих. (рис. 1–3).

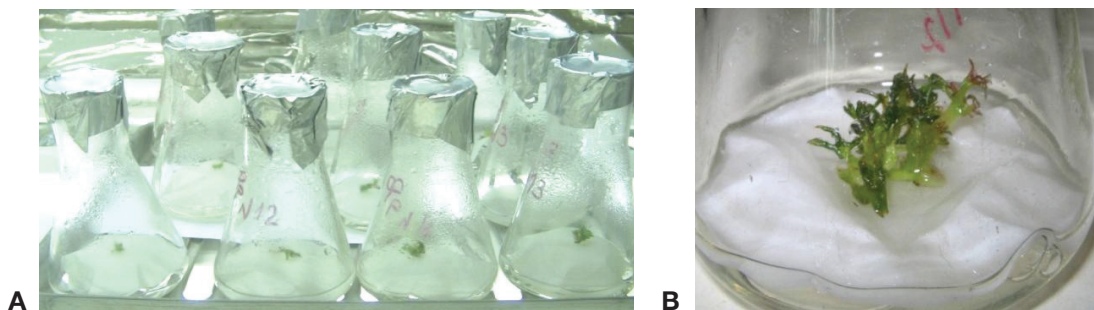


Рисунок 1. Формирование побегов на этапе пролиферации под влиянием фитогормона 6-БАП
А – начало этапа, 1-й пассаж; В – 4-й пассаж

Экспериментально подтверждено преимущество сахарозы как субстрата для культивирования *in vitro* (на примере винограда). Ее уникальная роль

для растений обусловлена структурой, которая обеспечивает одновременно высокий энергетический запас и сохранность активных связей.



Рисунок 2. Образование побегов (микроразмножение)



Рисунок 3. Срезка и укоренение полученных побегов на этапе пролиферации

Цитокинин 6-бензиламинопурин вводили в среду Мурасиге и Скуга при обычном (2,0 %), удвоенном и утроенном количестве сахарозы (табл. 2).

Добавление в питательную среду 6-БАП не ока-

зало существенного влияния на образование корней. Длина же корней существенно увеличилась при обеих концентрациях цитокинина как на обычном, так и на удвоенном уровне сахарозы.

Таблица 2. Динамика развития пробирочных растений винограда сорта Восторг при добавлении в питательную среду 6-бензиламинопурина

Вариант опыта	Длина, см		Число узлов/ побег, шт.	Выход, шт.	
	корня	побега		растений	микрочеренков
Через 15 дней					
1. Контроль — сахароза (2,0)	4,1	0,7	-	97,6	0
2. Сахароза (2,0) + 6-БАП 0,01	5,3	0,6	-	97,6	0
3. Сахароза (2,0) + 6-БАП 0,05	2,6	0,4	-	95,2	0
4. Сахароза (4,0) +6-БАП 0,01	5,7	0,4	-	97,5	0
5. Сахароза (4,0) + 6-БАП 0,05	2,9	0,1	-	95,3	0
НСР _{0,95}	0,34	-	-	-	—
Через 30 дней					
1. Контроль — сахароза (2,0)	7,6	3,1	2,8	81,0	95,2
2. Сахароза (2,0) + 6-БАП 0,01	10,3	2,7	3,1	92,9	120,9
3. Сахароза (2,0) + 6-БАП 0,05	5,6	2,9	1,9	92,9	74,1
4. Сахароза (4,0) +6-БАП 0,01	11,6	3,5	2,5	95,2	100,0
5. Сахароза (4,0) + 6-БАП 0,05	10,6	4,2	2,6	81,0	88,4
НСР _{0,95}	0,8	0,5	0,55	-	-
Через 45 дней					
1. Контроль — сахароза (2,0)	13,7	6,7	8,0	73,8	217,0
2. Сахароза (2,0) + 6-БАП 0,01	17,3	7,8	8,1	90,4	269,8
3. Сахароза (2,0) + 6-БАП 0,05	12,2	9,0	8,2	76,2	230,4
4. Сахароза (4,0) +6-БАП 0,01	22,2	7,4	7,2	92,9	241,8
5. Сахароза (4,0) + 6-БАП 0,05	19,4	11,3	8,2	80,9	244,8
НСР _{0,95}	3,1	0,4	-	-	-
Через 75 дней					
1. Контроль — сахароза (2,0)	18,2	8,5	7,0	54,9	138,0
2. Сахароза (2,0) + 6-БАП 0,01	21,9	9,7	8,2	76,2	230,4
3. Сахароза (2,0) + 6-БАП 0,05	19,4	12,8	11,1	71,4	303,0
4. Сахароза (4,0) +6-БАП 0,01	26,6	8,8	7,8	88,1	251,6
5. Сахароза (4,0) + 6-БАП 0,05	44,9	14,2	9,4	73,8	260,4
НСР _{0,95}	1,86	0,57	0,45	15,2	-

Под влиянием 6-БАП изменялась и скорость роста пробирочных растений. Так, в начале культивирования гормон ингибировал рост побегов, а затем стимулировал этот процесс. Наиболее высокая скорость

роста изолированных растений отмечена на 45 суток культивирования при концентрации 0,05 мг/л и удвоенном содержании сахарозы. В последующие сутки наблюдалось замедление скорости роста побегов.



Рисунок 4. Образование микрорастений из подвоев сорта Восторг, полученных на питательной среде с концентрацией 6-БАП 0,05 мг/л

Максимальное развитие корней и побегов у микрорастений сорта Восторг происходило на среде с концентрацией 6-БАП 0,05 мг/л и сахарозы 4,0 %. В этом же варианте опыта отмечено и существенное увеличение сырой массы побегов.

Кроме этого, во всех вариантах с 6-БАП наблю-

далось уменьшение числа мелких и средних и увеличение числа крупных листьев на растениях (табл. 3). Эти изменения были наиболее ярко выражены при культивировании микрорастений на среде с удвоенным содержанием сахарозы и концентрацией 6-БАП 0,05 мг/л.

Таблица 3. Варьирование размера листьев пробирочных растений винограда сорта Бианка на 45 сутки культивирования в зависимости от содержания сахарозы, % и 6-БАП, мг/л в питательной среде

Вариант опыта, %/мг/л	Число листьев, шт.		
	мелких	средних	крупных
Контроль — сахароза (2,0)	2,9	1,6	3,3
Сахароза (2,0) + БАП (0,01)	2,3	1,2	4,6
Сахароза (2,0) + БАП (0,05)	2,4	1,0	4,8
Сахароза (4,0) + БАП (0,01)	1,5	1,0	5,0
Сахароза (4,0) + БАП (0,05)	1,2	0,8	6,2
НСР _{0,95}	0,8	0,6	0,8

Положительное влияние 6-БАП на рост корней, побегов и в целом на растение сказывалось и на таком показателе, как число узлов на побег, который характеризует потенциальную способность растений к микроразмножению. В вариантах с содержанием 6-БАП 0,05 мг/л число узлов было большим, чем в вариантах, с содержанием 6-БАП в концентрации 0,01 мг/л. Максимально высоким этот показатель был у растений, выращенных на

среде с концентрацией 6-БАП 0,05 мг/л и 2,0 % содержанием сахарозы.

Следует отметить, что 6-БАП оказывал положительное влияние и на жизнеспособность растений винограда в культуре in vitro. Так на 45 сутки культивирования растения в контрольном варианте начинали подсыхать, в то время как в вариантах с 6-БАП, особенно в концентрации 0,05 мг/л, они находились в жизнеспособном состоянии (табл. 4).

Таблица 4. Динамика развития пробирочных растений винограда сорта Бианка в зависимости от содержания сахарозы, 2,0 % и 6-БАП, мг/л в питательной среде

Вариант	Корни			Длина побега, см	Козф. полярности	Число узлов, шт.	Выход	
	число, шт.	длина, см	ризоген. зона, см				растений, %	микрочеренков, шт.
15 ^е сутки культивирования								
Контроль — сахароза (2,0)	2,0	1,6	3,2	0,2	16,0	0,6	88,5	0
Сахароза (2,0) + 6-БАП (0,05)	2,3	1,1	2,5	0,2	12,6	0,6	88,5	0

Продолжение таблицы 4

Вариант	Корни			Длина побега, см	Коеф. полярности	Число узлов, шт.	Выход	
	число, шт.	длина, см	ризоген. зона, см				растений, %	микрочеренков, шт.
Сахароза (2,0) + 6-БАП (0,1)	1,7	0,3	0,5	0,3	1,7	0,8	78,5	0
Сахароза (4,0) + 6-БАП (0,05)	2,0	1,3	2,6	0,1	26,0	0,4	88,5	0
Сахароза (4,0) + 6-БАП (0,1)	1,6	1,0	1,6	0,3	5,3	0,7	78,7	0
Сахароза (6,0) + 6-БАП (0,01)	2,2	1,3	2,8	0,2	14,3	0,6	78,7	0
Сахароза (6,0) + 6-БАП (0,05)	1,7	1,2	2,0	0,2	10,2	0,5	72,3	0
Сахароза (6,0) + 6-БАП (0,1)	2,2	0,4	0,8	0,2	4,0	0,6	68,4	0
30 ^е сутки культивирования								
Сахароза (2,0) — контроль	2,3	6,9	15,9	1,8	8,8	2,1	86,4	51,3
Сахароза (2,0) + 6-БАП (0,05)	3,7	8,1	30,0	2,5	11,9	3,3	85,6	79,1
Сахароза (2,0) + 6-БАП (0,1)	2,1	2,9	6,1	2,3	2,6	3,5	73,3	71,7
Сахароза (4,0) + 6-БАП (0,05)	3,7	10,0	37,0	2,3	16,0	3,3	86,4	79,8
Сахароза (4,0) + 6-БАП (0,1)	2,5	8,5	21,2	1,9	11,1	2,9	75,8	61,4
Сахароза (6,0) + 6-БАП (0,01)	2,5	8,5	21,2	2,0	10,6	2,9	75,8	61,4
Сахароза (6,0) + 6-БАП (0,05)	2,2	7,5	16,5	1,8	9,1	3,3	70,4	65,0
Сахароза (6,0) + БАП (0,1)	2,0	1,2	2,4	0,7	3,4	2,4	65,3	43,8
45 ^е сутки культивирования								
Сахароза (2,0) — контроль	2,5	15,0	37,5	3,8	9,9	4,4	70,4	70,4
Сахароза (2,0) + 6-БАП (0,05)	4,0	27,2	108,8	5,5	19,7	6,0	83,4	83,4
Сахароза (2,0) + 6-БАП (0,1)	5,0	14,5	72,5	3,3	22,0	7,0	70,4	98,5
Сахароза (4,0) + 6-БАП (0,05)	4,0	32,4	129,6	5,3	24,4	5,2	85,6	85,6
Сахароза (4,0) + 6-БАП (0,1)	12,7	18,9	240,0	2,9	82,8	4,1	68,6	68,6
Сахароза (6,0) + 6-БАП (0,01)	13,3	15,8	210,1	2,6	80,8	4,2	62,2	62,2
Сахароза (6,0) + 6-БАП (0,05)	1,0	6,9	6,9	2,3	3,0	4,6	57,7	57,7
Сахароза (6,0) + 6-БАП (0,1)	2,1	2,5	5,2	1,1	4,7	3,6	50,4	50,4

Благодаря этому, а также большему числу узлов на побеге, растения, выращенные на среде с 2,0 % содержанием сахарозы с добавлением 6-БАП в концентрации 0,05 мг/л, обеспечили самый высокий в опыте выход микрочеренков, который превышал контрольный в 2,1 раза. Получение большего количества микрочеренков выявлено также на 8^{-й} неделе культивирования микрорастений при добавлении в питательную среду, содержащую 2,0 % сахарозы, 6-БАП в концентрации 0,01 мг/л.

Определена концентрация 6-БАП в питательном субстрате, при котором в 2 раза повышается эффективность клонального микроразмножения винограда, изучено влияние на выход микрочеренков более высокой концентрации 6-БАП (0,1 мг/л) в среде с обычным (2,0 %), удвоенным и утроенным содержанием сахарозы. Объектом исследования в этом случае служил сорт Бианка.

На начальном этапе культивирования пробирочных растений при концентрации 0,1 мг/л 6-БАП в питательной среде было отмечено отставание (по сравнению с контролем) развития корневой системы (табл. 4). При этом на рост побегов и закладку узлов эта концентрация цитокинина не оказала отрицательного влияния. Позднее, на 30-е сутки культивирования микрорастений в варианте с 6,0 % содержанием сахарозы отставание в развитии корневой системы сопровождалось ещё и ослаблением роста побегов, а

также снижением энергии побегообразования (число узлов/побег).

Механизм действия 6-БАП основан на его способности активировать процессы биосинтеза, что стимулирует клеточное деление, растяжение листовых пластин и замедляет старение растительных тканей. Установлено, что введение в питательную среду, содержащую 2,0 % сахарозы, 0,05 мг/л 6-БАП обеспечивает оптимальный баланс в развитии корневой и побеговой систем. Это способствует активному росту побегов, формированию более крупных листьев и увеличению числа узлов, что в совокупности ведет к набору биомассы и повышению общего жизненного потенциала растений. Как следствие, выход микрочеренков возрастает более чем в два раза. Традиционное содержание коллекций *in vitro* сопряжено со значительными трудозатратами, поскольку требует регулярного (каждые 2–3 месяца) пересаживания растений на новые среды для поддержания их жизнеспособности. В связи с этим актуальным является поиск условий культивирования, позволяющих замедлить кинетику роста и тем самым увеличить интервалы между пассажами. В рамках решения этой задачи было изучено влияние комбинированного применения сахарозы и цитокинина 6-БАП в составе питательной среды на длительность хранения клонов сортов Мерло и Пино нуар в коллекции *in vitro* (табл. 5) [11].

Таблица 5. Результаты культивирования растений винограда на питательной среде с различным содержанием сахарозы и 6-БАП, Мерло

Вариант		Сохран- ность, %	Корни			Длина побега, см	Листьев на побе- ге, шт.	Скорость, см/сутки	Кэф. полярно- сти
сахароза г/л	содер- жание 6-БАП мг/л		число, шт.	длина см	ризоген- наязона, см				
30 дней культивирования									
10	0,1	96,4	3,0	1,8	5,7	4,0	4,2	0,13	1,4
10	0,05	100,0	3,3	2,5	8,3	5,6	4,9	0,19	1,4
20	0,1	100,0	2,9	3,0	8,6	4,4	3,7	0,14	1,9
20	0,05	96,4	3,7	2,7	9,9	4,1	3,6	0,13	2,5
30	0,1	92,9	3,2	2,7	8,8	3,0	3,0	0,10	3,0
30	0,05	100,0	2,7	4,3	11,2	4,3	4,6	0,14	2,6
60 дней культивирования									
10	0,1	85,7	4,2	2,2	8,6	8,4	6,8	0,14	1,0
10	0,05	96,4	3,5	2,9	10,5	10,8	8,4	0,18	1,0
20	0,1	85,7	3,2	4,1	13,2	9,2	7,1	0,15	1,4
20	0,05	85,7	3,8	3,4	12,9	8,7	7,0	0,14	1,4
30	0,1	64,3	3,8	4,3	16,2	6,6	5,2	0,11	2,5
30	0,05	92,9	2,9	5,4	15,4	8,2	6,9	0,14	1,9
100 дней культивирования									
10	0,1	82,1	3,8	3,1	11,8	14,5	9,6	0,14	0,8
10	0,05	89,3	3,7	3,1	11,5	14,9	10,8	0,15	0,8
20	0,1	85,7	3,2	3,8	12,2	14,0	10,5	0,14	0,9
20	0,05	88,6	3,6	3,4	12,3	13,1	10,0	0,13	1,0
30	0,1	53,6	3,3	5,0	16,5	11,5	9,3	0,12	1,4
30	0,05	85,7	3,2	5,3	17,0	11,9	10,5	0,12	1,4
180 дней культивирования									
10	0,1	82,1	3,8	3,9	15,0	16,5	12,3	0,09	0,9
10	0,05	85,7	4,2	3,5	14,9	16,0	13,1	0,09	1,0
20	0,1	78,6	3,6	5,0	18,2	16,2	12,1	0,09	1,1
20	0,05	80,8	3,9	4,7	18,4	16,7	12,7	0,09	1,0
30	0,1	50,0	4,1	5,1	20,8	13,8	10,8	0,08	1,5
30	0,05	71,4	3,4	6,1	20,8	14,1	12,3	0,08	1,5

Совместное применение сахарозы и 6-БАП оказало благоприятное воздействие на формирование корней (ризогенной зоны), интенсивность роста и степень облиственности побегов. Негативные тенденции в ростовых процессах фиксировались исключительно при использовании высокой концентрации сахарозы (30,0 г/л), а также на фоне максимальной дозы 6-БАП (0,1 мг/л). В этих случаях наблюдался невысокий коэффициент полярности, что свидетельствует о сбалансированном соотношении развития побеговой и корневой систем.

Лучшая жизнеспособность и сохранность растений на протяжении всего периода культивирования отмечена в варианте сахароза 10,0 г/л +6 – БАП 0,05/мг/л. В этом варианте высокой является потенциальная возможность более длительного беспересадочного хранения сорта Мерло за счет пропорционального развития корневой системы и надземной массы микрорастений.

Выводы

Введение в культуру. Эффективность приживаемости и дифференциации меристем зависит от сортовых особенностей. Для сортов Ритон, Лакхеди

Мезешь и подвоя 16-3 оптимальной является концентрация 6-БАП 1,0 мг/л. Для сортов Фиолетовый ранний, Грушевский белый, Росинка и Алан 3 требуется более высокая концентрация – 2,0 мг/л.

Микроразмножение (пролиферация). Для индукции активного побегообразования рекомендуется ступенчатое увеличение концентрации цитокинина: в первом пассаже – 1,0 мг/л, начиная со второго пассажа — 2,0 мг/л 6-БАП.

Ростовые процессы. Максимальная интенсивность роста растений зафиксирована на 45-е сутки. Оптимальная среда в этот период содержит 0,05 мг/л 6-БАП и 20,0 г/л сахарозы. Данное сочетание способствует укрупнению листовых пластин (увеличению доли крупных листьев) и сокращению числа мелких и средних.

Развитие и жизнеспособность. Использование среды с 0,05 мг/л 6-БАП и 20,0 г/л сахарозы обеспечивает гармоничное развитие корневой и побеговой систем. Это стимулирует рост побегов, увеличивает количество узлов и массу растений, что в конечном итоге повышает выход микрочеренков.

Влияние высоких концентраций. Повышение со-

держания сахарозы до 30,0 г/л в сочетании с 0,1 мг/л 6-БАП приводит к некоторому угнетению ростовых процессов. Тем не менее, соотношение длины побега к длине корня (коэффициент полярности) остается в пределах нормы.

Депонирование (хранение). Все исследуемые варианты сред позволяют сохранять растения

без пересадки в течение 180 дней. Наиболее пригодной для длительного хранения является среда с пониженным содержанием сахарозы — 10,0 г/л и 0,05 мг/л 6-БАП. Исключение составляет среда с высоким содержанием сахарозы (30,0 г/л) и 6-БАП (0,1 мг/л), которая для этих целей менее пригодна.

Литература/References

1. Баматов И.М., Адаев Н.Л., Цагараева Э.А., Таймасханов Х.Э., Амаева А.Г. Повышение эффективности технологии оздоровления и первичного размножения земляники садовой in vitro // *Известия Горского государственного аграрного университета*. 2020. Т. 57, № 4. С. 183–191. [Bamatov I.M., Adaev N.L., Tsagaraeva E.A., Taymaskhanov H.E., Amaeva A.G. Improving the efficiency of the technology of health improvement and primary reproduction of garden strawberries in in vitro culture. *Proceedings of the Gorsky State Agrarian University*. 2020;57(4);p.183–191].
2. Бутенко Р.Г. Культура изолированных тканей и физиология морфогенеза растений. М.: Наука, 1964. 272 с. [Butenko R.G. Culture of isolated tissues and physiology of plant morphogenesis. Moscow: Nauka, 1964;272 p. (in Russian)].
3. Высоцкий В.А. Биотехнологические методы в современном садоводстве // *Плодоводство и ягодоводство России*. 2011. Т. XXVI. С. 3–10. [Vysotsky V.A. Biotechnological methods in modern horticulture. *Fruit and berry growing in Russia*. 2011;XXVI:3–10 (in Russian)].
4. Голодрига П.Я. Зленко В.А., Чекмарев Л.А., Гайдук Н.В. Методические рекомендации по клональному микро-размножению винограда. Всесоюзный научно-исследовательский институт винограда и продуктов его переработки «Магарач». Ялта: ВНИИ ВиПП «Магарач», 1986. 56 с. [Golodriga P.Ya., Zlenko V.A., Chekmarev L.A., Gaiduk N.V. Methodological recommendations on clonal micro-propagation of grapes. All-Union Scientific Research Institute of Grapes and their processed products "Magarach". Yalta : VNIi ViPP "Magarach", 1986;56 p. (in Russian)].
5. Дорошенко Н.П. Клональное микро-размножение и оздоровление посадочного материала винограда для создания из него сортовых маточников интенсивного типа (рекомендации). Министерство сельского хозяйства и продовольствия РСФСР. Москва, 1992. 24 с. [Doroshenko N.P. Clonal micropropagation and improvement of grape planting material for the development of intensive varietal mother plants (recommendations). Ministry of Agriculture and Food of the RSFSR. Moscow, 1992; 24 p. (in Russian)].
6. Дорошенко Н.П. Клональное микро-размножение винограда (рекомендации). Новочеркасск: Изд-во ГНУ ВНИИВиВ им. Я.И. Потапенко, 2012. 12 с. [Doroshenko N.P. Clonal micropropagation of grapes (recommendations). Novocherkassk: Publishing house of GNU VNIIV named after Ya.I. Potapenko, 2012;12 p. (in Russian)].
7. Дорошенко Н.П. Особенности клонального микро-размножения и депонирования сортов Пино нуар, Мерло и их клонов // *Фундаментальные и прикладные разработки, формирующие современный облик садоводства и виноградарства: материалы международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию со дня образования ГНУ СКЗНИИСиВ*. 2011. С. 297–302. [Doroshenko N.P. Features of clonal micropropagation and deposition of Pinot noir, Merlot and their clones. In: *Fundamental and applied developments shaping the modern look of horticulture and viticulture: Materials of the International Scientific – practice conference dedicated to the 80th anniversary of the founding of the GNU SKZNIISiV*. 2011; 297–202(in Russian)].
8. Ежов И.П., Тарасов С. Гормоны растений. 6-Бензиламиопурин // *Портал Сити-Фермер*. 2023. Режим доступа: <https://city-farmer.ru/baza-znaniy/osnovy-rastenievodstva/gormony-rastenij/gormony-rastenij-6-benzilaminopurin> [Yezhov I.P., Tarasov S. Hormones of plants. 6-Benzylamiopurine // *City Farmer portal*. 2023 Access mode: <https://city-farmer.ru/baza-znaniy/osnovy-rastenievodstva/gormony-rastenij/gormony-rastenij-6-benzilaminopurin>].
9. Есаулко А.Н., Раджабов Р.К., Айсанов Т.С., Величко В.Ю., Акимова С.В., Нинулина Е.В., Мацнев А.Е. Изучение эффективности новых питательных сред для производства растений земляники in vitro // *Известия ТСХА*. 2022. В. 5. С. 21–34. [Yesaulko A.N., Radzhabov R.K., Aisanov T.S., Velichko V.Yu., Akimova S.V., Ninulina E.V., Matsnev A.E. Study of the effectiveness of new nutrient media for the production of strawberry plants in vitro. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2022;5:21–634 (in Russian)]. doi.org/10.26897/0021-342X-2022-5-21-34
10. Карпушина М.В., Винтер М.А. Микроклональное размножение земляники садовой // *Научные труды Северо-Кавказского федерального научного центра садоводства, виноградарства, виноделия*. 2021. Т. 31. С. 108–113. [Karpushina M.V., Winter M.A. Microclonal reproduction of garden strawberries. *Scientific papers of the North Caucasian Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, and Winemaking*. 2021;31:P. 108–113(in Russian)]. <https://doi.org/10.30679/2587-9847-2021-31-108-113>
11. Маркова М.Г. Сомова Е.Н. Оптимизация клонального микро-размножения косточковых культур // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2024. Т. 25, № 2. С. 189–197. [Markova M.G. Somova E.N. Optimization of clonal micropropagation of stone crops. *Agrarian Science of the Euro-North-East*. 2024;25(2):189–197(in Russian)]. doi.org/10.30766/2072-9081.2024.25.2.189-197
12. Плаксина Г.Н. Биотехнология в селекции, размножении и сохранении растений // *Бюллетень Ботанического сада-института ДВО РАН*. 2014. В.1. С. 22–30. [Plaksina G.N. Biotechnology in plant breeding, reproduction and conservation. *Bulletin of the Botanical Garden Institute of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences*.2014;1:22–30 (in Russian)].
13. Семенова Д.А., Крахмалева И.Л., Мишанова Е.В. Особенности регенерации перспективных сортов *Actinidia arguta* в культуре in vitro // *Таврический вестник аграрной науки*. 2023. № 1(33). С. 93–103. [Semenova D. A., Krakhmaleva I. L., Mishanova E. V. Features of regeneration of promising *Actinidia arguta* varieties in in vitro culture. *Tavrishesky Bulletin of Agrarian Science*. 2023;1(33):93–103 (in Russian)]. doi.org/10.5281/zenodo.7898485

14. Уайт Ф.Р. Культура растительных тканей. М.: Иностранная литература, 1949. 160 с. [White F.R. Culture of plant tissues. Moscow: Foreign literature. 1949;160 p. (in Russian)].
15. Чебан Л.А. Немцова Е.В. Использование регуляторов роста растений для клонального микроразмножения черной смородины // *Ученые записки Брянского государственного университета*. 2024. № 2(34). С. 38-45. [Cheban L.A., Nemtsova E.V. The use of plant growth regulators for clonal micropropagation of black currant. *Scientific notes of Bryansk State University*. 2024;2(34):38-45 (in Russian)].

Валентина Георгиевна Пузырнова

Доцент кафедры Агролесомелиорации и
ландшафтного строительства
E-mail: valentina.puzirnova@yandex.ru

Новочеркасский инженерно-мелиоративный
институт имени А.К. Кортунова
ФГБОУ ВО Донской ГАУ,
346428, Россия, Ростовская область,
г. Новочеркасск, ул. Пушкинская, 111

Наталья Петровна Дорошенко

Главный научный сотрудник лаборатории
биотехнологии винограда
E-mail: n.doroschenko2013@yandex.ru

Всероссийский научно-исследовательский
институт виноградарства и виноделия имени
Я.И. Потапенко – филиал Федерального
государственного бюджетного научного
учреждения «Федеральный Ростовский аграрный
научный центр»
346421, Россия, Ростовская область,
Новочеркасск, Баклановский, 166

Valentina Georgievna Puzirnova

Associate Professor of the Department of Agroforestry
Reclamation and Landscape Construction
E-mail: valentina.puzirnova @yandex.ru

Novocherkassk Reclamation Engineering Institute
named after A.K. Kortunov
FSBEI HE Donskoy SAU, Novocherkassk
111, Pushkinskaya St., Novocherkassk, Rostov
Region, 346428, Russia

Natalia Petrovna Doroshenko

Chief Researcher at the Laboratory of Viticulture
Biotechnology
E-mail: n.doroschenko2013@yandex.ru

All-Russian Research Institute for Viticulture and
Winemaking named after Ya.I. Potapenko – branch
of Federal State Budget Scientific Institution «Federal
Rostov Agricultural Research Center»
166, Baklanovsky Avenue, Novocherkassk,
Rostov region, 346421, Russia

DOI 10.33775/1684-2464-2026-70-1-34-40
УДК 631.523: 635.64: 635.2

Явцева Е.И.
г. Краснодар, Россия

ПОИСК ИНФОРМАТИВНОЙ ДНК-МАРКЕРНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЦЕЛЕВОГО ГЕНА SW-5 УСТОЙЧИВОСТИ К ВИРУСУ ПЯТНИСТОГО УВЯДАНИЯ ТОМАТА

Возбудители вирусных заболеваний оказывают значительное негативное влияние на эффективность многих отраслей растениеводства. Создание устойчивых генотипов томата путем введения целевых генов позволит повысить самозащиту и снизить число химических обработок, что будет способствовать повышению экологизации отрасли. Цель исследований - выявление информативных ДНК-маркеров для идентификации гена Sw-5 устойчивости к вирусу пятнистого увядания томата. В качестве материала для исследований использовали селекционные образцы отдела овощекартофелеводства ФГБНУ «ФНЦ риса», гибридные растения F_2 поколения, а также образцы научных центров и фирм. Молекулярно-генетические исследования ДНК томата выполняли с использованием набора реагентов HiPure HP Plant DNA Kit («Magen Biotechnology Co., Ltd», China). При выполнении ПЦР для идентификации гена Sw-5 использовали молекулярные маркеры Sw-421-1/2, Sw5-f2/r2. Электрофорез продуктов амплификации проводили в 2 % агарозном и 8 % полиакриламидном гелях. Полевые опыты закладывали на территории инфекционного питомника Майкопской опытной станции – филиал ВИР в 2023 году. Выявлен информативный маркер SCAR Sw-421, который при статистической обработке на сегрегирующей F_2 популяции показал низкую частоту рекомбинации и высокую силу сцепления с признаком устойчивости к вирусу пятнистого увядания томата - 2,24 сМ. Данная маркерная система внедрена в селекционный процесс для точного отбора генотипов томата с геном интереса, что позволит создать перспективные генотипы с повышенной резистентностью к болезни. Для дальнейшего этапа исследований выявлены 11 растений томата, которые обладают целевым геном устойчивости, что было подтверждено с помощью молекулярно-генетического анализа и фитопатологического тестирования. Выделенные формы томата могут вовлекаться в селекционный процесс в качестве исходного материала по устойчивости к вирусу пятнистого увядания.

Ключевые слова: томат, Tomato spotted wilt virus, селекция, молекулярные маркеры.

SEARCH FOR AN INFORMATIVE DNA MARKER SYSTEM FOR IDENTIFYING THE TARGET SW-5 GENE FOR RESISTANCE TO TOMATO SPOTTED WILT VIRUS

The pathogens of viral diseases have a significant negative impact on the effectiveness of many industries. Development of sustainable tomato genotypes by introducing target genes will increase their self-defense and reduce the number of chemicals, which will help increasing the greening of the industry. The aim of the research is to identify informative DNA markers for the identification of the Sw-5 gene of resistance to the Tomato spotted wilt virus. Materials and methods. The research material used included breeding samples of the vegetable and potato growing department of FSBSI "Federal Scientific Rice Centre", hybrid plants of the F_2 generation, as well as samples from scientific centers and companies. Molecular genetic studies of tomato DNA were performed using the HiPure HP Plant DNA Kit («Magen Biotechnology Co., Ltd», China). When performing PCR to identify the Sw-5 gene, molecular markers Sw-421-1/2, Sw5-f2/r2 were used. Electrophoresis of amplification products was performed in 2 % agarose and 8 % polyacrylamide gels. Field experiments were carried out on the territory of the infectious nursery of the Maykop experimental station - a branch of VIR in 2023. Results. An informative marker SCAR Sw-421 was identified, which, when statistically processed on the segregating F_2 population, showed a low recombination frequency and a high adhesion strength with the trait of resistance to the tomato spotted wilt virus - 2.24 cM. This marker system has been implemented in the breeding process for the precise selection of tomato genotypes with the gene of interest, which will allow the development of promising genotypes with increased resistance to the disease. For the next stage of research, 11 tomato plants have been identified that have the target resistance gene, which was confirmed by molecular genetic analysis and phytopathological testing. The isolated tomato forms can be involved in the breeding process as source material for resistance to the Tomato spotted wilt virus.

Key words: tomato, Tomato spotted wilt virus, breeding, molecular markers.

Введение

Томат (*Solanum lycopersicum* L.) является самой популярной овощной культурой в развитых странах [1]. На сегодняшний день возбудители вирусных заболе-

ваний оказывают значительное негативное влияние на эффективность многих отраслей растениеводства [2, 3]. Одними из лимитирующих и ограничивающих факторов в выращивании томата (*S. lycopersicum*)

являются вирусные болезни. Вирус пятнистого увядания (бронзовости) томата *Tomato spotted wilt virus* - переносится несколькими видами трипсов, имеет широкую географическую распространенность, способен поражать многочисленные виды растений, из которых основными являются томат (*S. lycopersicum*), разные виды перца *Capsicum spp*, баклажан (*S. melongena*), картофель (*S. tuberosum*), лук (*Allium cepa*, *Allium porrum*), и другие. Вирус заражает растения, выращиваемые в закрытом и открытом грунте [3]. Получение устойчивых генотипов томата с внедрением целевых генов позволит укрепить их защитные механизмы против болезней и уменьшить количество химических обработок. Это, в свою очередь, будет способствовать экологизации сельского хозяйства и снижению экономических расходов при культивировании этой культуры.

Применение генетических маркеров в данном направлении даст возможность ускорить процесс получения перспективных генотипов с заданными характеристиками, что позволит точно и целенаправленно отобрать элитные формы, обладающие интересующими генами. Применение молекулярных маркеров позволяет осуществить предварительный отбор по необходимому признаку.

Исходя из литературных данных гены *Sw-1(a и b)*, *Sw-2*, *Sw-3*, *Sw-4*, *Sw-5*, *Sw-6*, *Sw-7* обеспечивают устойчивость к вирусу пятнистого увядания, которые были идентифицированы у различных диких видов томата, таких как *S. esculentum*, *S. pimpinellifolium*, *S. hirsutum*, *S. chilense* и *S. peruvianum* [5, 8, 9, 11]. Исследования показали, что резистентность, обеспечиваемая наличием гена *Sw1*, *Swb1*, *sw2*, *sw3* и *sw4*, была преодолена.

Согласно одному из обзоров в практической селекции наиболее эффективным является ген *Sw-5*. Лocus *Sw-5* принадлежит к слабо кластеризованному семейству генов и включает шесть гомологичных паралогов: *Sw-5a*, *Sw-5b*, *Sw-5c*, *Sw-5d*, *Sw-5e* и *Sw-5f*. Роль генов *Sw-5c*, *Sw-5d* и *Sw-5e* в устойчивости к вирусу *Tomato spotted wilt virus* требует дальнейшего изучения. Отдельный анализ копий в трансгенных растениях показал, что ген *Sw-5b* является функциональным белком, который обеспечивает устойчивость к широкому спектру изолятов *Tomato spotted wilt virus* [4].

Также были исследованы новые источники устойчивости, полученные из *Lycopersicon peruvianum*, выявлен ген *Sw-6* обеспечивающий частичную устойчивость к *Tomato spotted wilt virus*. Согласно сообщению, Canady M. A. и других авторов, было установлено, что ген *Sw-7* демонстрирует полевую устойчивость к различным изолятам вируса *Tomato spotted wilt virus*, включая те, которые способны преодолевать защиту, обеспечиваемую геном *Sw-5* [7].

Цель исследований

Изучить эффективность применения ДНК-маркеров для идентификации гена *Sw-5* устойчивости

к вирусу пятнистого увядания томата.

Задачи исследования.

1) Провести апробацию известных молекулярных маркеров, на контрастных по устойчивости сортах к вирусу пятнистого увядания томата;

2) Отбор маркерных систем, которые обеспечивают надежный контроль наследования целевых локусов, отвечающих за устойчивость к указанному вирусу, а также реализация технологии их валидации на практике.

3) Выполнить анализ сегрегирующей популяции F_2 на присутствие гена *Sw-5*.

Материалы и методы

Исследования проводили в лаборатории информационных, цифровых и биотехнологий ФГБНУ «ФНЦ риса» (г. Краснодар, посёлок Белозёрный) в период с 2022-2025 года.

В работе использовали селекционные образцы отдела овощекartофелеводства ФГБНУ «ФНЦ риса», а также гибридные растения F_2 поколения. Образцы, любезно предоставленные ФГБНУ «ФНЦ БЗР», Селекционной станцией Н. Н. Тимофеева (г. Москва), Группой компании «ГАВРИШ», фирмой «ПОИСК». Далее представлен список используемых образцов томата.

Образцы коллекции, поступившие из ФГБНУ ФНЦ БЗР под названием:

F_2 Mo 934×*L. peruvianum* var. *humifusum*;
 F_2 Mo 500×*L. peruvianum* var. *humifusum*;
 F_2 Mo 755×*L. peruvianum* var. *humifusum*;
 F_2 Mo 628×*L. peruvianum* var. *humifusum*»;

- образцы коллекции, поступившие из Группы компании «ГАВРИШ» под названием 5-7682-3/20; 6-7682-5/20; 1079-1/14; 1045-1/14»;

- образцы коллекции, поступившие из Агрофирмы ПОИСК под названием Малиновый десерт F_1 ; Кассиопея F_1 ;

- образец коллекции, поступивший из Селекционной станции Н. Н. Тимофеева (г. Москва), под названием Индент *Sw5*;

- образец, поступивший из Syngenta под названием Torry.

ДНК выделяли из молодых листьев растений с использованием набора реагентов HiPure HP Plant DNA Kit («Magen Biotechnology Co., Ltd», China), в соответствии с протоколом, предоставленным производителем. Для постановки ПЦР использовали следующие компоненты: 10X Taq буфер - 2,0 мкл, 2,5mM dNTP смесь 0,5 мкл, прямой и обратный праймеры 1мкМ 2 мкл, вода стерильная деонизированная 14,3 мкл, Taq ДНК - полимеразы 0,2 мкл, 1 мкл выделенной матричной ДНК. Объем реакционной смеси составлял 20 мкл.

В ходе данного исследования при проведении ПЦР-анализа использовали специфичные праймеры, синтезированные фирмой ЗАО «Синтол» (г. Москва). Список данных маркеров представлен в таблице 1.

Таблица 1. Список маркеров для идентификации гена Sw-5 устойчивости к вирусу пятнистого увядания томата

Название праймеров	Последовательность праймеров (5/ -3/)	Размер фрагмента, пн	Литературные источники
Sw - 421-1	GACTTGTTGCCATAGGTTCC	940 пн	[6, 8]
Sw - 421-2	GCCACCCCGAAGTTAATCC	900 пн	
Sw5-f2	CGGAACCTGTAACCTTGACTG	541 пн	[8,10]
Sw5-r2	GAGCTCTCATCCATTTTCCG		

Амплификация была выполнена с использованием ДНК – амплификатора Bioer GE-96G, в соответствии с протоколами, предложенными авторами исходного исследования:

Sw - 421-1/2 – 94 °C 30 с; 94 °C 20 с, 55 °C 20 с, 72 °C 2 мин (35 циклов); финальная элонгация 72 °C в течение 6 мин.

Sw5-f2/r2 – 95 °C 1 мин; 94 °C 15 с, 56 °C 15 с, 72 °C 45 с (36 циклов), финальная элонгация 72 °C в течение 5 мин.

В ходе эксперимента электрофорез амплифицированных продуктов проводился в гелях с концентрацией 2 % агарозы и 8 % полиакриламида (ПААГ). По завершении электрофореза гель был помещён в гель документирующую систему BioRad (GelDoc XR+) для фотографиярования.

Гибридизацию растений томата проводили в условиях камер искусственного климата ФГБНУ «ФНЦ риса». В качестве материнских форм для гибридизации была подобрана неустойчивая линия томата 7ф31-1(1) на основе функциональной мужской стерильности (обладающая хозяйственно ценными признаками). Донором для введения гена Sw-5 в селекционные образцы отдела овощекртофелеводства ФГБНУ «ФНЦ риса» стал сорт Индент Sw5.

Полевые опыты закладывали в 2023 году на тер-

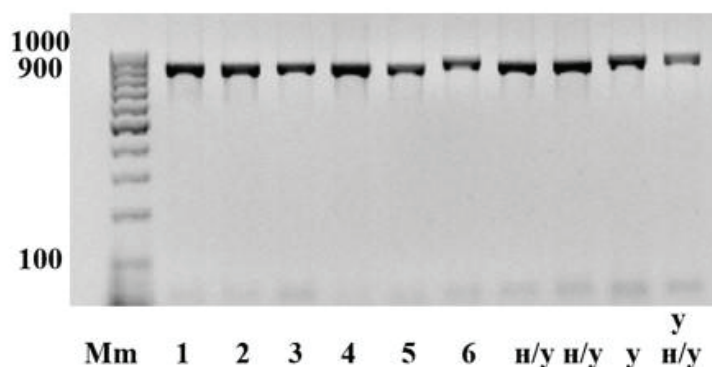
ритории инфекционного питомника Майкопской опытной станции – филиал ВИР (г. Майкоп, Республика Адыгея, поселок Подгорный).

Для мониторинга выравненности инфекционного фона и анализа динамики развития болезни использовали сорта индикаторы: восприимчивый образец 1079-1/14 и устойчивые образцы (1045-1/14 и Индент Sw5 гомозиготные по гену Sw-5), которые были высажены в схеме опыта с равномерным распределением через каждые десять тестируемых образцов.

Устойчивость растений оценивали методом визуальной диагностики по качественным критериям – наличие или отсутствие повреждений, исходя из внешних признаков реакции растений на заражение патогеном.

Результаты и обсуждение

Был отобран информативный маркер SCAR Sw-421-1/2, позволяющий идентифицировать ген Sw-5, обеспечивающий устойчивость к вирусу пятнистого увядания томата. Для идентификации гена Sw-5 устойчивости к вирусу пятнистого увядания томата было создано множество ПЦР-маркеров. Однако в настоящей исследовательской работе для апробации взяли следующие молекулярные маркеры Sw-421-1/2 и Sw5-f2/r2 [8]. Результаты апробации представлены на рисунках 1-2.

**Рисунок 1. Визуализация продуктов ПЦР с использованием маркера Sw-421**

Примечание - Mm – маркер молекулярной массы 100 bp+1,5 Kb (поставщик – комп. Синтол, Россия); 1 – F₂ Mo 934× L. peruvianum var. humifusum, 2 – F₂ Mo 500× L. peruvianum var. humifusum, 3 – F₂ Mo 755× L. peruvianum var. humifusum, 4 – F₂ Mo 628× L. peruvianum var. humifusum, 5 – 7682-3/20, 6-7682-5/20, n/y – неустойчивая форма (Малиновый десерт F₁), n/y – неустойчивая форма (Кассиопея F₁), y – устойчивая форма (Индент Sw5), y/n/y – гетерозиготный образец (Torry)

Согласно заявленным авторами данным, продукт амплификации 940 пн позволяет выделить гомо-

зиготные устойчивые генотипы и 900 пн характеризуют восприимчивые образцы. Гетерозиготные

генотипы имели продукт амплификации (940 пн и 900 пн) соответственно.

На электрофореграмме (рис. 1) видно, что фрагмент размером 940 пн идентифицирован

у образца №6 и устойчивого растения Индент Sw5. Таким образом, маркер может быть рекомендован для изучения селекционных образцов F_2 .

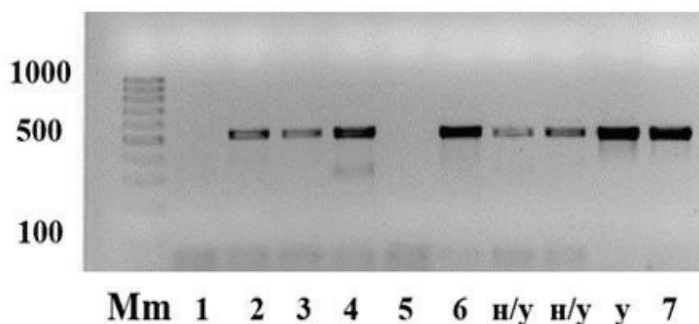


Рисунок 2. Визуализация продуктов ПЦР с использованием маркера Sw5-f2/r2

Примечание - Mm – маркер молекулярной массы 100 bp+1,5 Kb (поставщик – комп. Синтол, Россия); 1 – F_2 Mo 934× *L. peruvianum* var. *humifusum*, 2 – F_2 Mo 500× *L. peruvianum* var. *humifusum*, 3 – F_2 Mo 755× *L. peruvianum* var. *humifusum*, 4 – F_2 Mo 628× *L. peruvianum* var. *humifusum*, 5 – 7682-3/20, 6 – 7682-5/20, n/y – неустойчивая форма (Кассиопея F_1), n/y – неустойчивая форма (Малиновый десерт F_1), y – устойчивая форма (Индент Sw5), 7 – гетерозиготный образец (Torrey)

По заявленным авторами данным, пара праймеров маркера Sw5-f2/r2 позволяет диагностировать фрагмент длиной 541 пн только у устойчивых генотипов, при этом его отсутствие у неустойчивых генотипов.

Анализируя данные по локусу Sw5-f2/r2 можно отметить, что ДНК-профиль устойчивого контрольного образца совпадает с заявленным данными 541 пн (рис. 2). Данный маркер обнаружен как у устойчивых, так и у восприимчивых растений. Следовательно, использование пары праймеров

маркера Sw5-f2/-r2 не позволяет достоверно выявлять устойчивые растения в данных образцах.

Среди апробированных маркерных систем наиболее информативной показала себя SCAR Sw-421, которая позволяет идентифицировать аллель гена Sw-5, как в гомозиготном, так и в гетерозиготном состоянии. Мы внедрили её в селекционный процесс. С её использованием проведено ПЦР-диагностирование 45 растений томата F_2 гибридной комбинации. Полученные данные представлены на рисунке 3.

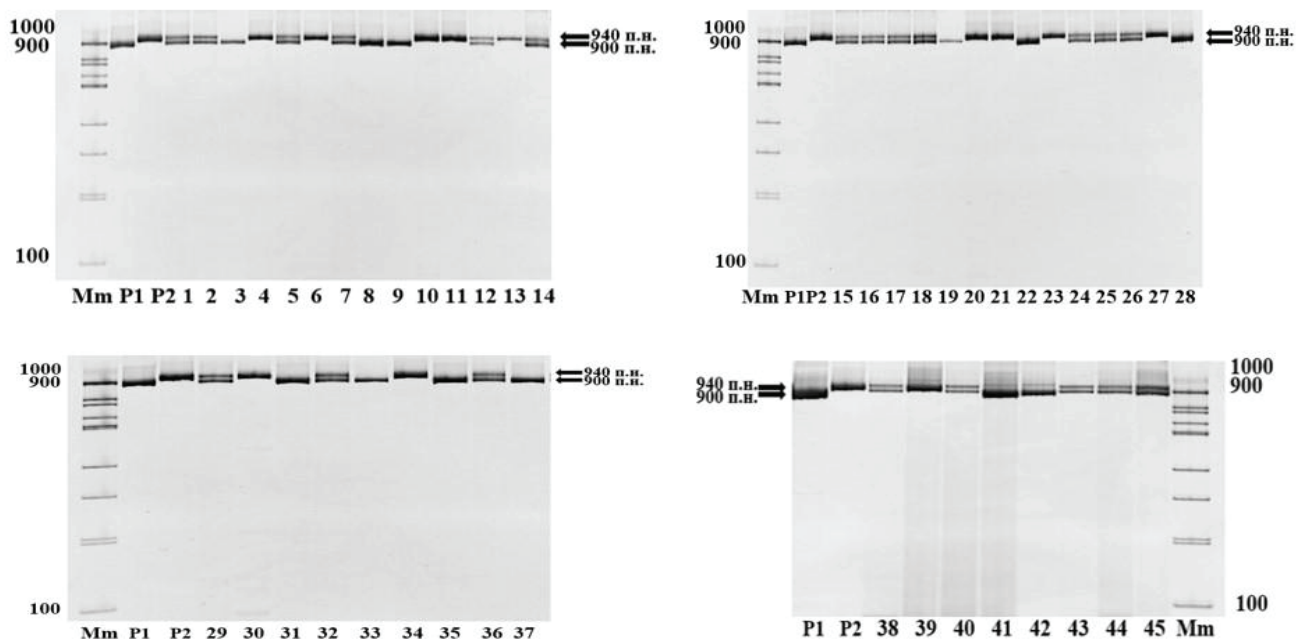


Рисунок 3. ПЦР- анализ растений томата F_2 поколения по локусу Sw-421

Примечание - Mm – маркер молекулярной массы 100 bp+1,5 Kb (поставщик – комп. Синтол, Россия); P1 – родительская форма -7ф-31(1); P2 – родительская форма – Индент Sw5; 1 – 45 гибридные растения F_2

На рисунке 3 показаны результаты визуализации продуктов ПЦР по локусу SCAR Sw-421,

можно отметить, что гибридные растения томата № 4, 6, 10, 11, 13, 20, 21, 23, 27, 30, 34 и 39

имеют донорный аллель в гомозиготном состоянии (AA), растения № 1, 2, 5, 7, 12, 14-18, 24-26, 29, 32, 36, 38, 40, 43, 44, 45-гетерозиготы по данному локусу (Aa). Остальные (№ 3, 8, 9, 19, 22, 28, 31, 33, 35, 37, 41, 42) растения выбраковывали, т.к. они имеют в генотипе рецессивный

аллель (aa) гена Sw-5.

Для определения сцепленности молекулярного маркера Sw-421 с признаком устойчивости к вирусу пятнистого увядания томата, проводили расчет χ^2 (хи – квадрат). Результаты анализа представлены в таблицах 2 и 3.

Таблица 2. Статистический анализ расщепления в сегрегирующей популяции F_2 растений томата по генотипу

Показатели	Расщепление гибридной популяции F_2 по маркеру SCAR Sw-421		
	R	H	S
Ф	12	21	12
Т	11	23	11
(Ф-Т) ²	1	4	1
χ^2	0,09	0,17	0,09
χ^2 (сум.)	0,35		
χ^2 (табл.)	5,99		

Примечание – «R» – обозначает наличие аллеля устойчивости, что соответствует гомозиготному состоянию по доминантному аллелю. «S» – указывает на наличие рецессивного аллеля, «H» – обозначает гетерозиготные образцы. Параметр «Ф и Т» – фактическое и теоретически ожидаемое количество растений соответственно. Выражение (Ф-Т)² обозначает квадрат отклонения фактического числа растений от теоретически предсказываемого, а χ^2 – это соотношение квадрата отклонения к теоретически ожидаемому количеству растений (характеристика хи-квадрат) χ^2 (сум.) представляет собой суммарное значение хи-квадрат для рассматриваемой популяции

С целью определения сцепленности молекулярно-маркера SCAR Sw-421 с признаком устойчивости к вирусу пятнистого увядания томата был проведен расчет χ^2 (хи-квадрат). Для расщепления в F_2 популяции по SCAR-маркеру Sw-421 критическое значение χ^2 (крит.) с учетом числа степеней свободы, равного 2, составило 5,99. Таким образом, учитывая, что χ^2 (сум.) меньше χ^2 (крит.), это означает, что отклонение

между фактическим и теоретическим расщеплением не является значительным и носит случайный характер, что соответствует второму закону Менделя с соотношением 1:2:1. Ввиду того, что маркер Sw-421 надежно ассоциирован с исследуемым признаком, это открывает перспективы для дальнейшего использования данного маркера в программах селекции устойчивых к вирусу пятнистого увядания томата.

Таблица 3. Статистический анализ расщепления в сегрегирующей популяции F_2 растений томата по фенотипу

Показатели	Расщепление гибридной популяции F_2 по маркеру SCAR Sw-421	
	+	-
Ф	30	11
Т	31	10
(Ф-Т) ²	1	1
χ^2	0,033	0,1
χ^2 (сум.)	0,133	
χ^2 (табл.)	3,84	

Примечание – «+» используется для обозначения образцов, толерантных к вирусу пятнистого увядания томата, в то время как символ «-» указывает на образцы, неустойчивые к данному вирусу. «Ф и Т» и (Ф-Т)², χ^2 и χ^2 (сум.) имеют аналогичное значение, как указано ранее

Анализ расщепления в исследуемых популяциях по фенотипическим признакам проводился при уровне значимости 0,05 и степени свободы, равной 1 и составил 3,84. Следовательно, для расщепления в F_2 популяции гибридной комбинации 7ф-31(1) × Индент Sw5 по признаку устойчивости к вирусу пятнистого увядания томата, условие χ^2 (сум.) < χ^2 (крит.) указывает на то, что данное фенотипическое расщепление соответствует менделевскому соотношению 3:1.

Частота рекомбинации:

$$Rf = \frac{N \text{ рекомбинантов}}{\text{Общ. число растений}} \cdot 100\% = \frac{1}{41} \cdot 100\% = 0,0244 \cdot 100\% = 2,44\%$$

Сила сцепления маркера SCAR Sw-421 ~2,44сМ

Установлена его сила сцепления в 2,44 сМ, что говорит о возможности его использования для ПЦР-диагностирования исходного и селекционного материала томата с целью отбора генотипов, имеющих целевой ген. Это значение является допустимым и, следовательно, маркер SCAR Sw-421 представляет собой надежный инструмент для селекционных программ, направленных на получение устойчивых сортов томата.

По результатам ПЦР-анализа среди выборки F_2 поколения, содержащей 45 растений томата, было

получено следующее соотношение: доминантный аллель в гомозиготном состоянии был обнаружен у 12 растений, в гетерозиготном состоянии — у 21, а гомозиготы по рецессиву составили 12. Эти результаты подтверждают наличие моногенного менделевского расщепления в соотношении 1:2:1.

Изучение фенотипического проявления признака устойчивости (F_2 гибридной комбинации 7ф-31(1) × Индент Sw5 (41 растение томата) к вирусу пятнистого увядания томата проводили на территории Май-

копской опытной станции – филиал ВИР (г. Майкоп, Республика Адыгея, поселок Подгорный) в условиях естественного инфекционного фона. Оценку устойчивости при искусственном заражении не проводили из-за статуса карантинного объекта, связанного с вирусом пятнистого увядания томата.

В таблице 4 указано сравнение данных, полученных в результате молекулярно-генетического анализа, и в ходе проведения фитопатологического тестирования гибридных растений томата F_2 .

Таблица 4. Результаты ДНК-анализа гибридных растений томата F_2 по маркеру SCAR Sw-421 и фитопатологического тестирования на TSWV

№ п/п	Шифр	ДНК анализ по маркеру SCAR Sw- 421-1/2 (пн)		Фенотип на естественном инфекционном фоне
1	22У-1	900/940	±	устойчивое растение
2	22У-2	900/940	±	устойчивое растение
3	22У-3	900	-	восприимчивое растение
4	22У-4	940	+	устойчивое растение
5	22У-5	900/940	±	устойчивое растение
6	22У-6	940	+	устойчивое растение
7	22У-9	900/940	±	устойчивое растение
8	22У-10	900	-	восприимчивое растение
9	22У-11	900	-	восприимчивое растение
10	22У-12	940	+	устойчивое растение
11	22У-13	940	+	устойчивое растение
12	22У-16	900/940	±	устойчивое растение
13	22У-17	940	+	устойчивое растение
14	22У-18	900/940	±	устойчивое растение
15	22У-19	900/940	±	восприимчивое растение
16	22У-20	900/940	±	устойчивое растение
17	22У-21	900/940	±	устойчивое растение
18	22У-22	900/940	±	восприимчивое растение
19	22У-25	900	-	восприимчивое растение
20	22У-26	940	+	устойчивое растение
21	22У-27	940	+	устойчивое растение
22	22У-28	900	-	восприимчивое растение
23	22У-29	940	+	устойчивое растение
24	22У-30	900/940	±	устойчивое растение
25	22У-31	900/940	±	устойчивое растение
26	22У-33	900/940	±	устойчивое растение
27	22У-34	940	+	устойчивое растение
28	22У-35	900	-	восприимчивое растение
29	22У-36	900/940	±	устойчивое растение
30	22У-37	940	+	устойчивое растение
31	22У-38	900	-	восприимчивое растение
32	22У-40	900/940	±	устойчивое растение
33	22У-41	900	-	восприимчивое растение
34	22У-42	940	+	устойчивое растение
35	22У-43	900	-	восприимчивое растение
36	22У-44	900/940	±	устойчивое растение
37	22У-47	900/940	±	устойчивое растение
38	22У-52	940	+	устойчивое растение
39	22У-53	900/940	±	устойчивое растение
40	22У-57	900/940	±	устойчивое растение
41	22У-59	900/940	±	устойчивое растение

Примечание – результаты ДНК – анализа «+» – наличие аллеля устойчивости в гомозиготном состоянии; «-» – наличие аллеля восприимчивости в гомозиготном состоянии; «±» – гетерозиготное состояние аллеля

С растений томата, которые показали в результате ПЦР-диагностики наличие гена Sw-5, и их устойчивость подтверждена фитопатологическим тестированием, отобраны плоды для дальнейшей селекционной работы.

Выводы

В процессе исследования отобран информативный маркер SCAR Sw-421, позволяющий идентифицировать ген Sw-5, обеспечивающий устойчивость к вирусу пятнистого увядания томата. Выполнен расчет χ^2 (хи – квадрат) для определения сцепленности молекулярного маркера Sw-421 с признаком устойчивости пятнистого увядания томата. Для проведения следующего этапа исследований на основе молекулярно-генетического анализа и фитопатологического тестирования были выявлены 11 растений томата определенно несущих целевой ген устойчивости.

Благодарности

Исследования проводили с 2022-2025 гг. в рам-

ках аспирантской программы, при поддержке государственной программы «Приоритет-2030» а также при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, грант № 075-15-2025-574. Автор выражает благодарность ФГБНУ «ФНЦ БЗР», Селекционной станции Н. Н. Тимофеева (г. Москва), Группе компании «ГАВРИШ», фирме «ПОИСК», за предоставленные образцы, которые позволили получить F₂ расщепляющуюся популяцию для проверки силы сцепления маркера с признаком, а также данный материал использовался в качестве контрольных образцов. Автор выражает благодарность сотрудникам Майкопской опытной станции – филиал ВИР, за предоставленную возможность проведения полевых опытов, а также за содействие в реализации аспирантской программы. Автор благодарит рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Литература/References

1. Кондратьева И.Ю., Голубкина Н.А. Ликопин и β -каротин томата // *Овощи России*. 2016. № 4. С. 80-83. [Kondratieva I.Yu., Golubkina N.A. Lycopene and β -carotene in tomato. *Vegetable crops of Russia*. 2016;4:80-83 (in Russian)]. doi.org/10.18619/2072-9146-2016-4-80-83
2. Лозовая Е.Н., Приходько Ю.Н., Живаева Т.С., Шнейдер Ю.А., Каримова Е.В. Диагностика вирусов рода Tobamovirus, заражающих пасленовые овощные культуры // *Фитосанитария. Карантин растений*. 2022. № 2(10). С. 39-49. [Lozovaya E.N., Prihodko Yu.N., Zhivaeva T.S., Shneyder Yu.A., Karimova E.V. Diagnosis of Tobamovirus genus viruses infecting Solanaceae. *Plant Health and Quarantine*. 2022;2(10):39-49 (in Russian)]. doi.org/10.69536/p4517-2518-6750-w
3. Шнейдер Ю.А., Каримова Е.В., Приходько Ю.Н., Лозовая Е.Н., Живаева Т.С. Вирусы томата, особо опасные для овощеводства России // *Картофель и овощи*. 2021. № 6. С. 3-8. [Shneyder Yu.A., Karimova E.V., Prihodko Yu.N., Lozovaya E.N., Zhivaeva T.S. Tomato viruses especially dangerous for vegetable growing of Russia. *Potato and vegetables*. 2021;(6):3-8 (in Russian)]. doi.org/10.25630/PAV.2021.93.45.001
4. Dianese E. C., de Fonseca M. E. N., Goldbach R., Kormelink R., Inoue-Nagata A. K., Resende R. O., Boiteux L. S. Development of a locus-specific, co-dominant SCAR marker for assisted-selection of the Sw-5 (Tospovirus resistance) gene cluster in a wide range of tomato accessions. *Molecular Breeding*. 2010;(25):133-142. doi 10.1007/s11032-009-9313-8
5. Giordano L. D., De Avila A. C., Charchar J. M., Boiteux L. S., Ferraz E. 'Viradoro': A Tospovirus-resistant processing tomato cultivar adapted to tropical environments. *HortScience*. 2000;35(7):1368-1370.
6. Nascimento I. R. D., Maluf W. R., Figueira A. R., Menezes C. B., Resende J. T. V. D., Faria M. V. & Nogueira D. W. Marker assisted identification of Tospovirus resistant tomato genotypes in segregating progenies. *Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.)*. 2009;66(3):298-303. doi 10.1590/s0103-90162009000300003
7. Padmanabhan C., Ma Q., Shekasteband R., Stewart K.S., Hutton S. F., Scott J. W., Fei Z. & Ling K.-S. Comprehensive transcriptome analysis and functional characterization of PR-5 for its involvement in tomato Sw-7 resistance to tomato spotted wilt tospovirus. *Scientific reports*. 2019;(9):7673. doi 10.1038/s41598-019-44100-x
8. Qi S., Zhang S., Islam M.M., El-Sappah A. H., Zhang F. & Liang Y. Natural resources resistance to tomato spotted wilt virus (TSWV) in tomato (*Solanum lycopersicum*). *Int J of Mol Sci*. 2021;22(20):10978. doi 10.3390/ijms222010978
9. Rosello S., Ricarte B., Diez M. J., Nuez F. Resistance to Tomato spotted wilt virus introgressed from *Lycopersicon peruvianum* in line UPV 1 may be allelic to Sw-5 and can be used to enhance the resistance of hybrids cultivars. *Euphytica*. 2001;119:357-367.
10. Shi A., Vierling R., Grazzini R., Chen P., Caton H., Panthee D. Identification of molecular markers for Sw-5 gene of tomato spotted wilt virus resistance. *Am. J. Biotechnol. Mol. Sci*. 2011;1(1):8-16. doi 10.5251/ajbms.2011.1.1.8.16
11. Zhu M., Jiang L., Bai B., Zhao W., Chen X., Li J., Liu Y., Chen Z., Wang B., Wang C., Wu Q., Shen Q., Dinesh-Kumar S. P., Tao X. The intracellular immune receptor Sw-5b confers broad-spectrum resistance to tospoviruses through recognition of a conserved 21-amino acid viral effector epitope. *The Plant Cell*. 2017;29(9):2214-2232. doi 10.1105/tpc.17.00180

Елена Ивановна Явцева

Младший научный сотрудник, лаборатории информационных, цифровых и биотехнологий
E-mail: eiena19111983@gmail.com

ФГБНУ «ФНЦ риса»

350921, Россия, Белозерный, Краснодар, 3

Elena Ivanovna Iavtseva

Junior researcher, laboratory of information, digital and biotechnologies
E-mail: eiena19111983@gmail.com

FSBSI «FSC of rice»

3, Belozerniy, Krasnodar, 350921, Russia

DOI 10.33775/1684-2464-2026-70-1-41-47

УДК 633.15:631.816

ГРНТИ 68.35.29, 68.33.29, 06.81.45

Малаканова В.П., канд. с.-х. наук,

Марченко М.В., канд. с.-х. наук,

Чуйкин П.В., канд. с.-х. наук,

Петряков А.П.,

Парпуренко Н.В.

г. Краснодар, Россия

Анишин Г.В.

г. Гулькевичи, Россия

ОЦЕНКА ПРОДУКТИВНОСТИ ГИБРИДОВ КУКУРУЗЫ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИХ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СИСТЕМЫ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ И ГУСТОТЫ СТОЯНИЯ РАСТЕНИЙ

Актуальность исследований заключается в выявлении оптимальных параметров выращивания – густоты растений и достаточного уровня минерального питания для новых гибридов кукурузы с учетом их биологических особенностей. В цели исследований входило разработать энергосберегающие факторы повышения урожайности. Представлены данные по формированию урожая зерна гибридов – среднеспелого Краснодарский 387 МВ и позднеспелого Краснодарский 575 МВ в зависимости от некорневой подкормки и площади питания. Определен экономический эффект производства товарного зерна за счет снижения затрат. Под основную обработку почвы вносили $N_{60}P_{60}K_{60}$. Изучали варианты: фактор А – удобрения (обработка водой) – контроль, обработка семян $ZnSO_4$, 0,1 % – фон; фон + N_{30} (аммиачная селитра); фон + Фульвитал Плюс, 0,15 кг/га; фон + Полидон Цинк, 1 л/га; фон + Полидон Бор, 1 л/га; фактор В – густота стояния растений: для среднеспелого гибрида – 60 и 80 тыс. раст/га, для позднеспелого гибрида – 60 и 70 тыс. раст/га. Исследования проводили в соответствии с общепринятыми методиками. Установлено, что обработка семян $ZnSO_4$ обеспечила хороший стартовый рост и развитие растений гибридов, а подкормки удобрениями положительно сказались на росте и формировании урожайности. У гибрида Краснодарский 387 МВ максимальная прибавка чистого дохода получена с увеличением густоты на варианте фон + N_{30} (12714 и 15784 руб/га), соответственно. На варианте фон + Полидон Цинк и густоте 80 тыс. раст/га прибавка составила 11090 руб/га. У гибрида Краснодарский 575 МВ максимальная прибавка чистого дохода получена на варианте подкормки фон + N_{30} при густоте 70 тыс. раст/га (12379 руб/га).

Ключевые слова: кукуруза, гибрид, подкормка, урожайность, экономический эффект.

ESTIMATION OF CORN HYBRID PRODUCTIVITY AND ECONOMIC EFFICIENCY OF THEIR CULTIVATION DEPENDING ON THE MINERAL NUTRITION SYSTEM AND PLANT SPACING

The relevance of research lies in identifying the optimal growing parameters, such as plant density and sufficient mineral nutrition, for new corn hybrids, taking into account their biological characteristics. The goal of the research was to develop energy-saving factors for increasing crop yields by improving mineral nutrition. The article presents data on grain yield formation of hybrids – the mid-ripening Krasnodarsky 387 MV and the late-ripening Krasnodarsky 575 MV – depending on foliar dressing and nutrition area. The economic effect of commercial grain production through cost reduction was determined. $N_{60}P_{60}K_{60}$ was applied during the main soil tillage. The following variants were studied: Factor A – fertilizers (water treatment) – control, seed treatment with $ZnSO_4$, 0,1 % – background; background + N_{30} (ammonium nitrate); background + Fulvital Plus, 0.15 kg/ha; background + Polydon Zinc, 1 L/ha; background + Polydon Boron, 1 l/ha; Factor B – plant population density: for the mid-ripening hybrid – 60 and 80 thousand plants/ha, for the late-ripening hybrid – 60 and 70 thousand plants/ha. The research was conducted in accordance with generally accepted methodologies. It has been established that $ZnSO_4$ seed treatment facilitated good initial growth and development of hybrid plants, and fertilizer applications contributed positively to growth and yield formation. For the Krasnodarsky 387 MV hybrid, the maximum increase in net income was obtained with increased density on the background + N_{30} variant (12714 and 15784 rubles/ha, respectively). On the background + Polydon Zinc variant with a density of 80 thousand plants/ha, the increase was 11090 rubles/ha. For the Krasnodarsky 575 MV hybrid, the maximum increase in net income was obtained on the background + N_{30} foliar dressing variant with a density of 70 thousand plants/ha (12379 rubles/ha).

Key words: corn, hybrid, dressing, yield, economic effect.

Введение

Кукуруза - одна из распространенных зерновых культур, которую в Краснодарском крае возделывают на зерно, силос, зеленый корм и для использования в пищевых и технических целях. Увеличение урожайности зерна лимитируется недостаточной влагообеспеченностью и доступностью питательных веществ в почве. Несмотря на успехи в селекции высокопродуктивных гибридов разных групп спелости, имеет место снижение урожайности. Это обусловлено объективными причинами, связанными с учащением экстремальных погодных условий, уменьшением суммы осадков в период вегетации, наличием засуховых явлений в критический период роста и развития, повышением температуры. Важным средством увеличения урожайности семян кукурузы являются минеральные удобрения [14]. Обеспечение растений в оптимальных количествах макро- и микроэлементов способствует улучшению обмена веществ, их продуктивности и повышению урожайности [13]. Адаптация к условиям произрастания и усовершенствование элементов сортовой агротехники играют важную роль для кукурузоводов. Регулирование минерального питания осуществляется посредством биологической коррекции [10-12, 15]. Для получения стабильных урожаев необходимо обеспечить растения питанием в течение вегетации с учетом биологических особенностей в режиме сортовой агротехники, а также выявить экономическую целесообразность и энергосберегающую направленность применения изучаемых приемов [1, 7-9].

Цель исследований

Выявить энергосберегающие элементы технологии возделывания гибридов кукурузы с разным периодом вегетации. В связи с этим в задачи исследований входило получение экспериментальных данных для выявления влияния подкормки макро- и микроудобрениями, а также оптимальной густоты стояния гибридов кукурузы разных групп спелости.

Материалы и методы

Опыт проводили в 2022-2024 годах в центральной зоне южной подзоны Краснодарского края на опытном поле ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко» г. Краснодара.

Почвы опытного участка Западно-предкавказские черноземы выщелоченные сверхмощные слабогумусные [6]. Содержание гумуса в пахотном слое 3,7 %, подвижного фосфора – среднее, 29 мг/кг, подвижного калия – повышенное, 383 мг/кг.

Исследования проводили с гибридами, по которым планируется развернуть семеноводство: Краснодарский 387 МВ – трехлинейный гибрид среднеспелого типа (период вегетации 114-116 дней) и Краснодарский 575 МВ-трехлинейный гибрид кукурузы позднеспелого типа (период вегета-

ции 125 дней).

В среднем в 2022-2024 годах сумма эффективных температур воздуха за период апрель-август на 296,3 °С превысила среднемноголетние значения. Хорошие погодные условия сложились в 2023 году: количество осадков за период вегетации составило 315 мм, что на уровне многолетних показателей; ГТК - 1,1; относительная влажность воздуха - 59 %. Худшие условия по количеству выпавших осадков сложились в 2024 году – 142 мм, ГТК - 0,4; относительная влажность воздуха составила 48 %.

Основное удобрение в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ вносили осенью под зяблевую вспашку. Аммиачную селитру в почву под первую культивацию в фазе 3-4-х листьев, Фульвитал Плюс, Полидон Цинк и Полидон Бор вносили также в фазе 3-4 листьев на соответствующие деланки.

Схема опыта состоит из 6 вариантов. 1. Обработка семян водой (контроль). 2. Обработка семян $ZnSO_4$ 0,1 % (фон). 3. Фон + N_{30} (аммиачная селитра). 4. Фон + Фульвитал Плюс, 0,15 кг/га. 5. Фон + Полидон Цинк, 1 л/га. 6. Фон + Полидон Бор, 1 л/га.

Характеристика препаратов. Фульвитал Плюс, 0,15 кг/га - высокоэффективный водорастворимый препарат нового поколения, содержит соли физиологически активных низкомолекулярных фульвовых кислот, микроэлементы, органически связанную серу природного происхождения в легкодоступной форме для растений. Состав: фульвовые кислоты - 750 г/кг, железо (Fe) - 40 г/кг, цинк (Zn) - 25 г/кг, марганец (Mn) - 25 г/кг, медь (Cu) - 10 г/кг, магний (Mg) - 70 г/кг, органически связанная сера (SO_4) - 60 г/кг, pH - 3,0.

Полидон Цинк, 1,0 л/га - жидкое микроэлементное удобрение с высоким содержанием цинка в хелатной форме, является корректором дефицита элементов питания. Состав: цинк - 70 г/л, азот общий - 20 г/л, бор - 2 г/л.

Полидон Бор, 1,0 л/га – высокоэффективный органоминеральный комплекс бора, молибдена и этаноламинов. Органические компоненты позволяют мгновенно проникнуть в клетки растения. Состав: бор (B) - 150 г/л, азот (N) общий - 50 г/л, молибден (Mo) - 1 г/л.

Схема закладки опыта приводится в таблицах. Закладку опыта и проведение сопутствующих учетов и наблюдений осуществляли по стандартным методикам [2-5]. Посев кукурузы проводили согласно определяемой лабораторной всхожести семян. Густоту формировали для среднеспелого гибрида - 60 и 80 тыс. раст/га, для позднеспелого гибрида - 60 и 70 тыс. раст/га. Подсчет густоты стояния осуществляли в фазу 3-4 листьев после проведения первой и второй культивации междурядий, а также перед уборкой. В соответствии с принадлежностью к группе спелости для гибрида Краснодарский 387 МВ густоты формировали 60 тыс. раст/га (1) и

80 тыс. раст/га (2), а для гибрида Краснодарский 575 МВ – 60 тыс. раст/га (1) и 70 тыс. раст/га (2). Высоту измеряли в опыте на 50 растениях, а площадь листьев – на 10 растениях в двух несмежных повторениях опыта в фазе выметывания метелок. Урожай кукурузы убирали селекционным комбайном Wintersteiger Delta, предназначенным для уборки на зерно полянок со взвешиванием и определением влажности зерна. Урожайность приводили к стандартной 14 % влажности.

Статистическую обработку экспериментальных данных выполняли методом многофакторного дис-

персионного анализа по Б.А. Доспехову (1985) [2].

Мероприятия по обработке почвы и уходу за посевами, за исключением изучаемых факторов, были выполнены в соответствии с рекомендациями [3-6].

Результаты и обсуждение

Результаты проведенных исследований подтвердили существенную роль предпосевную обработки семян раствором сульфата цинка ($ZnSO_4$, 0,1 %) в сочетании с подкормкой вегетирующих растений в улучшении роста и увеличении площади листовой поверхности.

Таблица 1. Высота растений гибридов кукурузы в зависимости от внесения макро- и микроудобрений и густоты стояния растений, см, среднее за 2022-2024 гг.

Вариант опыта (фактор А)	Густота стояния (фактор В)	Краснодарский 387 МВ		Краснодарский 575 МВ	
		высота		высота	
		растений	прикрепления початка	растений	прикрепления початка
Обработка водой (контроль)	1	197	87	211	92
	2	202	91	216	94
Обработка семян $ZnSO_4$ 0,1%, (фон)	1	200	88	215	93
	2	206	89	220	96
Фон + N_{30} (аммиачная селитра)	1	203	89	219	95
	2	208	91	221	98
Фон + Фульвитал Плюс, 0,15 кг/га	1	198	88	217	94
	2	203	91	221	97
Фон + Полидон Цинк, 1 л/га	1	200	89	219	95
	2	203	91	221	99
Фон + Полидон Бор, 1 л/га	1	203	89	218	94
	2	207	90	221	97
НСР _{0,05} ч.с.		2,9	2,8	2,8	2,0

Примечание – гибрид Краснодарский 387 МВ 1 – 60 тыс. раст/га, 2 – 80 тыс. раст/га; гибрид Краснодарский 575 МВ 1 – 60 тыс. раст/га, 2 – 70 тыс. раст/га

Высота прикрепления початка от подкормки увеличивалась на вариантах с подкормкой аммиачной селитрой до 89 и 91 см, при контрольных значениях 87 и 91 см соответственно. Аналогичные по величине показатели были при подкормке Фульвитал Плюс (0,15 кг/га), Полидон Цинк (1 л/га), Полидон Бор (1 л/га).

У позднеспелого гибрида кукурузы Краснодарский 575 МВ при густоте 60 тыс. раст/га высота на контроле составила 211 см. Максимальная высота (219 см) наблюдалась на вариантах Фон + N_{30} (аммиачная селитра) и Фон + Полидон Цинк (1 л/га). Таким образом, в среднем за годы исследований при увеличении густоты до 70 тыс. раст/га величина показателя на контрольном варианте возросла на 5 см.

Фоновая обработка семян $ZnSO_4$ 0,1 % обеспечила увеличение высоты гибрида на 4 см при обеих густотах.

Проведенные подкормки способствовали увеличению высоты растений по отношению к контролю на 6-8 см при густоте стояния 60 тыс. раст/га и на 5 см при увеличении густоты до 70 тыс. раст/га. Высота прикрепления початка повышалась с увеличением высоты растений. Площадь листьев изменялась в соответствии с варьированием высоты растений. Повышение густоты посева среднеспелого гибрида «Краснодарский 387 МВ» способствует формированию большей площади листовой поверхности на гектар (табл. 2).

Таблица 2. Площадь листовой поверхности гибридов кукурузы, тыс. м²/га, среднее за 2022-2024 гг.

Вариант опыта (фактор А)	Густота стояния (фактор В)	Краснодарский 387 МВ	Краснодарский 575 МВ
Обработка водой (контроль)	1	36,7	38,0
	2	45,9	40,6
Обработка семян $ZnSO_4$ 0,1%, (фон)	1	38,5	40,3
	2	49,0	42,5

Продолжение таблицы 2

Вариант опыта (фактор А)	Густота стояния (фактор В)	Краснодарский 387 МВ	Краснодарский 575 МВ
Фон + N ₃₀ (аммиачная селитра)	1	43,4	43,9
	2	54,8	48,5
Фон + Фульвитал Плюс, 0,15 кг/га	1	40,5	41,0
	2	50,9	43,5
Фон + Полидон Цинк, 1 л/га	1	41,8	41,7
	2	51,1	44,0
Фон + Полидон Бор, 1 л/га	1	41,5	42,4
	2	49,8	46,1
НСР _{0,05} ч.с.		4,8	1,6

Примечание – гибрид Краснодарский 387 МВ 1 – 60 тыс. раст/га, 2 – 80 тыс. раст/га; гибрид Краснодарский 575 МВ 1 – 60 тыс. раст/га, 2 – 70 тыс. раст/га

Улучшение роста и развития растений способствовало повышению урожайности.

Наибольшие значения показателя получены в варианте Фон+N₃₀ (аммиачная селитра); превышение к контролю составило 6,7 тыс. м²/га при густоте 60 тыс. раст/га и 8,9 тыс. м²/га при густоте 80 тыс. раст/га.

У гибрида Краснодарский 575 МВ максимальная площадь листовой поверхности сформировалась при подкормке Фон + N₃₀ с густотой стояния 70 тыс. раст/га

и составила 48,5 тыс. м²/га, превысив контрольный вариант на 7,9 тыс. м²/га. Следовательно, на величину этого показателя оказали влияние оба фактора.

Предпосевная обработка семян ZnSO₄, 0,1 %, позволила повысить урожайность на 0,31 т/га, независимо от густоты стояния растений, у среднеспелого гибрида Краснодарский 387 МВ и на 0,32 и 0,39 т/га при густоте 60 и 70 тыс. раст/га, соответственно, у позднеспелого гибрида Краснодарский 575 МВ (табл. 3).

Таблица 3. Урожайность зерна гибридов кукурузы в зависимости от внесения макро- и микроудобрений и густоты стояния растений, т/га, среднее за 2022-2024 годы

Вариант опыта (фактор А)	Густота стояния (фактор В)	Краснодарский 387 МВ	Краснодарский 575 МВ
Обработка водой (контроль)	1	5,05	4,34
	2	5,27	4,53
Обработка семян ZnSO ₄ 0,1 %, (фон)	1	5,36	4,66
	2	5,58	4,92
Фон + N ₃₀ (аммиачная селитра)	1	5,85	4,82
	2	6,25	5,31
Фон + Фульвитал Плюс, 0,15 кг/га	1	5,43	4,73
	2	5,60	4,90
Фон + Полидон Цинк, 1 л/га	1	5,61	4,86
	2	6,02	4,95
Фон + Полидон Бор, 1 л/га	1	5,46	4,84
	2	5,73	4,97
НСР _{0,05} ч.с.		0,27	0,28

Примечание – гибрид Краснодарский 387 МВ 1 – 60 тыс. раст/га, 2 – 80 тыс. раст/га; гибрид Краснодарский 575 МВ 1 – 60 тыс. раст/га, 2 – 70 тыс. раст/га

Наибольшая урожайность зерна получена при внесении азотной подкормки в дозе N₃₀ при наибольшей густоте и составила у гибрида Краснодарский 387 МВ – 6,25 т/га, а у гибрида Краснодарский 575 МВ – 5,31 т/га.

Расчет экономической эффективности разного уровня минерального питания гибридов кукурузы в зависимости от группы спелости и густоты стояния растений осуществляли исходя из стоимости семян, удобрений, горюче-смазочных материалов, проведения всех видов работ и стоимости полученной продукции по ценам 2024 года. Рентабельность возделывания среднеспелого гибрида Краснодар-

ский 387 МВ на контрольном варианте составила 99,6 % при густоте стояния 60 тыс. раст/га.

Загущение посевов до 80 тыс. раст/га обеспечило повышение рентабельности до 102,8 %. Максимальный показатель рентабельности (135,9 %), чистого дохода (61204 руб/га) и валовой стоимости (106250 руб/га) получены на варианте с внесением N₃₀ аммиачной селитры при 80 тыс. раст/га. Общие затраты составили 45046 руб/га.

Более высокая рентабельность получена на варианте с густотой стояния 80 тыс. раст/га в сравнении с 60 тыс. раст/га. При большей густоте затраты, естественно, больше, но это окупается за

счет увеличения урожайности.

Изучаемые приемы благотворно повлияли на величину чистого дохода. Прибавка чистого дохода 7572 руб/га получена от приема обработки семян $ZnSO_4$, 0,1 % концентрации при меньшей густоте стояния и 11620 руб/га при посеве с густотой 80 тыс. раст/га. Проведение подкормки на этом

фоне обеспечило увеличение показателя от 14649 руб/га (Полидон Цинк, 1 л/га) до 28353 руб/га (N_{30}) при густоте 60 тыс. раст/га и от 16815 руб/га (Фульвитал Плюс, 0,15 кг/га) и до 28017 руб/га (N_{30}).

При возделывании среднеспелого гибрида Краснодарский 387 МВ показатели рентабельности варьировали от 99,6 до 135,9 % (табл. 4).

Таблица 4. Экономическая эффективность возделывания гибрида кукурузы Краснодарский 387 МВ, среднее за 2022-2024 годы

Вариант опыта	Густота стояния	Урожайность, т/га	Общие затраты, руб/га	Стоимость валовой продукции, руб/га	Чистый доход, руб/га	Рентабельность, %	Прибавка чистого дохода, руб/га
Обработка водой (контроль)	1	5,05	43017	85850	42833	99,6	-
	2	5,27	44170	89590	45420	102,8	-
Обработка семян $ZnSO_4$, 0,1 % (фон)	1	5,36	43098	91120	48022	111,4	5189
	2	5,58	44278	94860	50582	114,3	5162
Фон + N_{30} (аммиачная селитра)	1	5,85	43903	99450	55547	126,5	12714
	2	6,25	45046	106250	61204	135,9	15784
Фон + Фульвитал Плюс, 0,15 кг/га	1	5,43	43715	90310	48595	111,2	5762
	2	5,60	44858	95200	50342	112,2	4922
Фон + Полидон Цинк, 1 л/га	1	5,61	44687	95370	50683	113,4	7850
	2	6,02	45830	102340	56510	123,3	11090
Фон + Полидон Бор, 1 л/га	1	5,46	43682	92820	49138	112,5	6305
	2	5,73	44825	97410	52585	117,3	7165

Примечание – гибрид Краснодарский 387 МВ 1 – 60 тыс. раст/га, 2 – 80 тыс. раст/га; гибрид Краснодарский 575 МВ 1 – 60 тыс. раст/га, 2 – 70 тыс. раст/га

При густоте 60 тысяч растений на гектар максимальная рентабельность была получена на варианте Фон + N_{30} (аммиачная селитра), что составило 126,5 %. На фоне обработки семян $ZnSO_4$ 0,1 % прибавка чистого дохода от подкормки увеличилась на 7525 руб/га. При большей густоте, 80 тысяч растений на гектаре, была получена большая урожайность и максимальный показатель рентабельности - 135,9 %, прибавка чистого дохода составила 15784 руб/га в сравнении с контролем.

Возделывание позднеспелого гибрида Краснодарский 575 МВ на фоне внесения основного удобрения рентабельно на 72,9 %, чистый доход составил 31099 руб/га при густоте стояния растений 60 тыс. раст/га. Увеличение густоты стояния растений до 70 тыс. раст/га обеспечило повышение стоимости валовой продукции, чистого дохода и рентабельности на 3230 руб/га, 2710 руб/га и 5,4 %, соответственно (табл. 5).

Таблица 5. Экономическая эффективность возделывания гибрида кукурузы Краснодарский 575 МВ, среднее за 2022-2024 годы

Вариант опыта	Густота стояния	Урожайность, т/га	Общие затраты, руб/га	Стоимость валовой продукции, руб/га	Чистый доход, руб/га	Рентабельность, %	Прибавка чистого дохода, руб/га
Обработка водой (контроль)	1	4,34	42681	73780	31099	72,9	-
	2	4,53	43201	77010	33809	78,3	-
Обработка семян $ZnSO_4$, 0,1 % (фон)	1	4,66	42761	79220	36459	85,3	5360
	2	4,92	43294	83640	40346	93,2	6537
Фон + N_{30} (аммиачная селитра)	1	4,82	43567	81940	38373	88,1	7274
	2	5,31	44082	90270	46188	104,8	12379
Фон + Фульвитал Плюс, 0,15 кг/га	1	4,73	43379	80410	37031	85,4	5932
	2	4,90	43894	83300	39406	89,8	5597
Фон + Полидон Цинк, 1 л/га	1	4,86	44351	82620	38269	86,3	7170
	2	4,95	44866	84150	39284	87,6	5475
Фон + Полидон Бор, 1 л/га	1	4,84	43346	82280	38934	89,8	7835
	2	4,97	43861	84490	40629	92,6	6820

Примечание – гибрид Краснодарский 387 МВ 1 – 60 тыс. раст/га, 2 – 80 тыс. раст/га; гибрид Краснодарский 575 МВ 1 – 60 тыс. раст/га, 2 – 70 тыс. раст/га

Фоновая обработка семян $ZnSO_4$ 0,1 % положительно сказалась на величине показателей и обеспечила прибавку чистого дохода у этого гибрида 5360 руб/га при густоте 60 тыс. раст/га, увеличение густоты стояния до 70 тыс./га повысило величину показателя на 1177 руб/га.

У позднеспелого гибрида Краснодарский 575 МВ максимальный чистый доход и самая высокая рентабельность были получены при посеве с густотой 70 тысяч растений на гектаре на варианте подкормки Фон + N_{30} (аммиачная селитра). Прибавка чистого дохода от подкормки составила 12379 руб., что на 5105 руб/га выше и получена за счет увеличения густоты стояния растений на 10 тысяч.

Таким образом, изучаемые агротехнические приемы положительно повлияли на экономические показатели при возделывании гибридов.

Выводы

В центральной зоне южной подзоне Краснодарского края у гибридов кукурузы Краснодарский 387 МВ и Краснодарский 575 МВ, по которым планируется развернуть семеноводство, выявлена эффективность некорневых подкормок на фоне внесения основного удобрения в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$.

Обработка семян серноокислым цинком, 0,1 % концентрации обеспечила повышение урожайно-

сти на 0,31 т/га среднеспелого гибрида Краснодарский 387 МВ и 0,32-0,39 т/га позднеспелого гибрида Краснодарский 575 МВ в зависимости от густоты стояния растений. Максимальные урожаи зерна гибридов получены при внесении азотной подкормки в дозе N_{30} при наибольшей густоте и составили у Краснодарский 387 МВ 6,25 т/га и у Краснодарский 575 МВ 5,31 т/га.

Изучаемые приемы положительно повлияли на экономическую эффективность при возделывании гибридов. Прибавка чистого дохода от обработки семян серноокислым цинком 0,1 % при густоте 60 тыс. раст/га составила 5189 руб/га у среднеспелого гибрида Краснодарский 387 МВ и 5360 руб/га у позднеспелого гибрида Краснодарский 575 МВ. С увеличением густоты до 80 тыс. раст/га у гибрида Краснодарский 387 МВ прибавка чистого дохода не возросла (5162 руб/га), что обусловлено увеличением общих затрат. У позднеспелого гибрида Краснодарский 575 МВ прибавка чистого дохода с увеличением густоты стояния растений до 70 тыс. раст/га составила 6537 руб/га.

Максимальные прибавки чистого дохода получены на фоне обработки семян серноокислым цинком 0,1 % при подкормке аммиачной селитрой N_{30} на обеих густотах гибридов.

Литература/References

1. Багринцева В.Н., Иващенко И.Н., Сотченко Д.Ю. Влияние некорневой подкормки микроудобрениями Батр Цинк на урожайность кукурузы и кормовые качества зерна // *Животноводство и кормопроизводство*. 2023. Т. 106, № 3. С. 213-224. [Bagrintseva, V.N., Ivashchenko I.N., Sotchenko D.Yu. Influence of foliar application of Batr Zinc micronutrients on corn yield and grain nutritional quality. *Livestock and Feed Production*. 2023;3:213-224 (in Russian)]. doi.org/10.3328412658-3135-106-3-213
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Альянс, 2014. 351 с. [Dospekhov, B.A. Methodology of field experiment. Moscow: Alliance, 2014;351 p. (in Russian)].
3. Методические рекомендации по проведению полевых опытов с кукурузой. Днепропетровск, 1980. 54 с. [Methodological Recommendations for Conducting Field Experiments with Corn. Dnepropetrovsk, 1980;54 p. (in Russian)].
4. Сотченко В.С., Горбачева А.Г., Багринцева В.Н. Методические указания по производству гибридных семян кукурузы. Пятигорск, 2007. 20 с. [Sotchenko D.Yu., Gorbacheva A.G., Bagrintseva, V.N. Methodological Guidelines for the Production of Hybrid Corn Seeds. Pyatigorsk, 2007;20 p. (in Russian)].
5. О проведении комплекса весенне-полевых работ с использованием научных достижений и рекомендаций Центра в 2024 году. (ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко») Рекомендации Краснодар: ЭДВИ, 2024. 168 с. [On the Conduct of Spring Field Work Complex Using Scientific Achievements and Recommendations of the Center in 2024. (FSBSI "National Grain Center named after P.P. Lukyanenko") Recommendations. Krasnodar: EDVI, 2024;168 p. (in Russian)].
6. Система земледелия Краснодарского края. Методические рекомендации. Краснодар, 2009. 268 с. [Farming System of the Krasnodar Region. Methodological Recommendations. Krasnodar, 2009;268 p. (in Russian)].
7. Сотченко В.С. Перспективы производства зерна и семян кукурузы в Российской Федерации на период до 2020 г. // *Кукуруза и сорго*. 2010. № 4. С. 3-9. [Sotchenko, V.S. Prospects for Corn Grain and Seed Production in the Russian Federation for the Period up to 2020. *Corn and Sorghum*. 2010;4:3-9 (in Russian)].
8. Толорая Т.Р., Лавренчук Н.Ф., Чумак М.В., Малаканова В.П. Кукуруза. Агротехнические основы возделывания кукурузы на черноземах Западного Предкавказья. Краснодар, 2003. 310 с. [Toloraya, T.R., Lavrenchuk N.F., Chumak M.V., Malakanova V.P. Corn. Agronomic Basis for Cultivating Corn on Chernozems of Western Ciscaucasia. Krasnodar, 2003;310 p. (in Russian)].
9. Шпар Д., Гинапп К., Дрегер Д., Захаренко А., Каленская С. Кукуруза. Выращивание, уборка, консервирование и использование. Москва: ООО ДЛВ АГРОДЕЛО, 2014. 390 с. [Shpar, D., Ginapp K., Dreger D., Zakharenko A., Kalenskaya S. Corn. Cultivation, Harvesting, Conservation, and Use. Moscow: ООО ДЛВ АГРОДЕЛО, 2014;390 p. (in Russian)].
10. Amanullah F. Integrated nutrient management in corn production. *IntechOpen*. 2018;15-24. doi.org/10.5772/intechopen.80995
11. Jean-Paul C. M., Paul D. Corn productivity: the role of management and biotechnology. *IntechOpen*. 2018;25-38. doi.org/10.5772/intechopen.77054

12. Jerry L. H., Christian D. Climate change impacts on corn phenology and productivity / In book: Corn - Production and Human Health in Changing Climate. 2018;107-126. doi.org/10.5772/intechopen.76933
13. Marchezan C., Ferreira P.A., Silva L.S., Bacca A., Krug A.V., Nicoloso F.T., Tarouco C.P., Tiecher T.L., Ceretta C.A. Nitrogen Availability and Physiological Response of Corn After 12 Years with Organic and Mineral Fertilization. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. 2020;1-11. doi.org/10.1007/s42729-020-00185-2
14. Sun R., Guo X., Wang D., Chu H. Effects of long-term application of chemical and organic fertilizers on the abundance of microbial communities involved in the nitrogen cycle. *Applied Soil Ecology*. 2015;95:171-178. doi.org/10.1016/j.apsoil.2015.06.010
15. Yang Q.L., Liu P., Dong S.T., Zhang J.W., Zhao B. Combined application of organic and inorganic fertilizers mitigates ammonia and nitrous oxide emissions in a maize field. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 2020;117:13-27.

Валентина Пантелеевна Малаканова

Ведущий научный сотрудник отдела селекции и семеноводства кукурузы, доцент
E-mail: malakanova_vp@mail.ru

Malakanova Valentina Panteleevna, Leading Researcher of the Department of Selection and Seed Production of Corn, Associate Professor
E-mail: malakanova_vp@mail.ru

Марина Валерьевна Марченко

Ведущий научный сотрудник отдела селекции и семеноводства кукурузы
E-mail: marchenko_ncz@mail.ru

Marina Valerievna Marchenko

Leading Researcher of the Department of Corn Breeding and Seed Production
E-mail: marchenko_ncz@mail.ru

Петр Васильевич Чуйкин

Ведущий научный сотрудник отдела селекции и семеноводства кукурузы
E-mail: kniishbondarenko@gmail.com

Peter Vasilievich Chuykin

Leading Researcher of the Department of Selection and Seed Production of Corn
E-mail: kniishbondarenko@gmail.com

Антон Петрович Петряков

Старший научный сотрудник отдела селекции и семеноводства кукурузы
E-mail: PetryakovAnton@yandex.ru

Anton Petrovich Petryakov

Senior Researcher, Department of Corn Breeding and Seed Production of the Federal State Budgetary Scientific Institution "P.P. Lukyanenko National Grain Center"
E-mail: PetryakovAnton@yandex.ru

Наталья Владимировна Парпуренко

Старший научный сотрудник отдела селекции и семеноводства кукурузы,
E-mail: Parpurenko10@mail.ru

Natalya Vladimirovna Parpurenko

Senior Researcher, Department of Corn Breeding and Seed Production of the Federal State Budgetary Scientific Institution "P.P. Lukyanenko National Grain Center"
E-mail: Parpurenko10@mail.ru

Все: ФГБНУ «Национальный центр зерна им. П.П. Лукьяненко»
3500012 Россия, Краснодар, Центральная Усадьба КНИИСХ

All: Federal State Budgetary Scientific Institution "P.P. Lukyanenko National Grain Center"
Central Estate of the Krasnodar Research Institute of Agriculture
Krasnodar, 300012, Russia

Геннадий Витальевич Анишин

Главный агроном ООО «Кубанский селекционный семеноводческий центр»
E-mail: sspk-agro@yandex.ru

Gennady Vitalievich Anishin

Chief Agronomist of LLC «Kuban Breeding Seed Centre»
E-mail: sspk-agro@yandex.ru

Все: Кубанский селекционный семеноводческий центр
Краснодарский край, Гулькевичский район, пос. Кубань, производственная база ККЗ «Кубань», 352166, Россия

All: Kuban Breeding Seed Centre
Kuban settlement, Gulkhevichsky district, Krasnodar Krai, Production Base of KKK «Kuban», 352166, Russia

DOI 10.33775/1684-2464-2026-70-1-48-54
УДК 634.31/.34; 631.541.11; 631.234

Казаков П.О.,
Акимова С.В., д-р с.-х. наук,
Зубков А.В., канд. экон. наук,
Самощенко Е.Г., канд. с.-х. наук,
Марченко Л.А., канд. с.-х. наук
г. Москва, Россия

ВЕГЕТАТИВНАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ *CITRUS HYSTRIX* DC. В УСЛОВИЯХ ЗАЩИЩЕННОГО ГРУНТА

Папеда ежеиглистая (*Citrus hystrix* DC.) – один из малоизученных видов цитрусовых, набирающих широкую популярность по всему миру. Уникальная особенность этого вида – специфический пряный аромат листьев и плодов, благодаря которому их широко используют в кулинарии, косметической и фармацевтической промышленности. Увеличение спроса, ограниченная лежкость свежей продукции и потеря качества при переработке формирует спрос на отечественную продукцию, производство которой в силу климатических особенностей возможно только в условиях защищенного грунта. Повышение рентабельности отечественного выращивания *C. hystrix* DC. в защищенном грунте возможно с помощью подбора подвоев, увеличивающих вегетативную продуктивность привитых растений. Поэтому цель данного исследования – подобрать оптимальные сорто-подвойные комбинации с промышленными подвоями цитрусовых культур (*C. trifoliata*, *C. trifoliata* × *C. paradisi*, *C. macrophylla*, *C. volkameriana*) для эффективной вегетативной продуктивности *C. hystrix* DC. в условиях защищенного грунта. Объектами исследований служили растения *C. hystrix* DC. и корнесобственные цитрусовые подвои в возрасте 6 месяцев, полученные укоренением полуодревесневших черенков, контроль – корнесобственные растения *C. hystrix* DC. Прививку выполняли методом простой копулировки, после чего помещали растения в пленочный тоннель с туманообразующей установкой. После срастания компонентов, растения адаптировали к пониженной влажности и выращивали в условиях защищенного грунта. Учеты и наблюдения проводили на 30°, 90°, 150° и 210° сутки культивирования, при этом учитывали: количество побегов, среднюю длину побегов, количество листьев. Выявлена эффективность размножения *C. hystrix* DC. методом прививки, так как при этом его вегетативная продуктивность выше, чем в корнесобственной культуре. При применении подвоя *C. macrophylla* побеги привитых растений по суммарной длине превосходят корнесобственные растения в 4 раза, а растения, полученные в комбинации с подвоем *C. volkameriana* в 2,7 раза превосходили корнесобственные растения по количеству побегов и в 2,6 раз по количеству листьев.

Ключевые слова: Цитрусовые, вегетативная продуктивность, подвои, укоренение, прививка, защищенный грунт.

VEGETATIVE PRODUCTIVITY OF *CITRUS HISTRIX* DC. IN PROTECTED GROUND CONDITIONS

Makrut lime (*Citrus hystrix* DC.) is one of the least studied citrus species, gaining widespread popularity around the world. A unique feature of this species is the specific spicy aroma of its leaves and fruits, thanks to which they are widely used in cooking, cosmetics, and pharmaceuticals. Increased demand, limited shelf life of fresh product, and loss of quality during processing are driving demand for domestic products, which, due to climatic conditions, can only be produced in protected soil. Increasing the profitability of domestic cultivation of *C. hystrix* DC. in protected ground is possible by selecting rootstocks that increase the vegetative productivity of grafted plants. Therefore, the aim of this study is to select the optimal variety-rootstock combinations with industrial rootstocks of citrus crops (*C. trifoliata*, *C. trifoliata* × *C. paradisi*, *C. macrophylla*, *C. volkameriana*) for effective vegetative productivity of *C. hystrix* DC. in protected soil conditions. The objects of the study were *C. hystrix* DC. plants and own-rooted citrus rootstocks aged 6 months, obtained by rooting semi-lignified cuttings, with the control being own-rooted *C. hystrix* DC. plants. Grafting was performed using the simple copulation method, after which the plants were placed in a film tunnel with a fogging system. After the components had grown together, the plants were adapted to low humidity and grown under protected soil conditions. Records and observations were made on days 30, 90, 150, and 210 of cultivation, taking into account the number of shoots, the average length of shoots, and the number of leaves. The effectiveness of propagating *C. hystrix* DC. by grafting was demonstrated, as its vegetative productivity is higher than in rootstock-own culture. When using *C. macrophylla* rootstock, the shoots of grafted plants exceeded rootstock plants by 4 times in total length, and plants obtained in combination with *C. volkameriana* rootstock exceeded rootstock plants by 2.7 times in the number of shoots and by 2.6 times in the number of leaves.

Key words: Citrus, vegetative productivity, rootstock, rooting, grafting, protected ground.

Введение

Цитрусовые относятся к семейству Рутовые, которое включает сладкие апельсины (*C. sinensis*), кис-

лые и горькие апельсины, померанцы (*C. aurantium*), мандарины (*C. reticulata*), лимоны (*C. limon*), лаймы (*C. aurantiifolia*), грейпфруты (*C. paradisi*), помело (*C.*

maxima), цитроны (*C. medica*) и т.д., а также широкий спектр гибридов и цибридов [10, 29].

Экономически цитрусовые являются одной из важнейших плодовых культур и значительной частью импорта и экспорта многих стран, включая Россию [3, 11, 12, 15].

Одним из интереснейших представителей цитрусовых является *Citrus hystrix* DC (папеда ежеиглестая, макрут, кафрский лайм, таитянский лайм), произрастающий в тропическом регионе Юго-Восточной Азии [22, 24, 29].

Отличительной особенностью использования *C. hystrix* является то, что в пищевых, косметических и лекарственных целях используются не только плоды, но и листья, которые содержат в своем составе значительное количество эфирных масел [21, 25]. Также отмечается, что экстракты, полученные из листьев и плодов *C. hystrix*, обладают антиоксидантными, противовоспалительными, иммуномодулирующими и репеллентными свойствами [26, 28].

Возрастающий спрос на продукцию *C. hystrix* закономерно ведет к расширению площадей под данной культурой. При этом, как и с другими цитрусами, для получения посадочного материала используются различные способы размножения. К ним относят семенное размножение, тканевая культура (in vitro), черенкование и прививка. При этом, семенное размножение и тканевую культуру чаще всего используют для оздоровления существующих сортов и массового размножения промышленных подвоев, а черенкование и прививку для размножения культурных сортовых форм [9, 17, 20].

Метод вегетативного размножения черенкованием чаще всего применяется для легко укореняемых видов цитрусовых, таких как лимон, лайм и цитрон, однако может применяться и для *C. hystrix* [1, 30].

Однако, наиболее распространенный способ размножения цитрусовых – прививка почкой или черенком на специальные промышленные подвои [16, 27]. Прививка позволяет экономнее расходовать сортовой материал и, в зависимости от сорто-подвойных комбинаций, получать устойчивые к болезням и выровненные растения необходимой силы роста, способные произрастать в широком диапазоне почв, в том числе на глинистых, известковых, засоленных и т.д. [14, 18].

К наиболее распространенным промышленным подвоям относятся: трифолиата (*C. trifoliata*), цитрумело (*C. trifoliata* × *C. paradisi*), макрофилла (*C. macrophylla*), волкамериана (*C. volkameriana*) и другие [2, 8].

В настоящее время основное производство *C. hystrix* сосредоточено в тропических регионах Азии и ведется традиционными способами сельского хозяйства. При этом, экспорт свежей продукции на дальние расстояния, в том числе и в Российскую Федерацию, ограничен короткими сроками хранения, а переработка влечет за собой естественную потерю качества [7, 24].

Вследствие тропической природы, *C. hystrix* яв-

ляется теплолюбивым и не холодостойким растением, выращивание которого в нашей стране целесообразно только в условиях защищенного грунта.

Также немаловажным фактом является рентабельность производства, которой можно добиться путем повышения вегетативной продуктивности данной культуры.

Одним из элементов технологии является подбор наиболее эффективных промышленных подвоев.

Цель исследований

Подобрать оптимальные сорто-подвойные комбинации с промышленными подвоями цитрусовых культур (*C. trifoliata*, *C. trifoliata* × *C. paradisi*, *C. macrophylla*, *C. volkameriana*) для обеспечения эффективной вегетативной продуктивности *C. hystrix* в условиях защищенного грунта.

Материалы и методы

Опыты проводили в 2023-2024 гг. в УНПЦ садоводства и овощеводства имени В.И. Эдельштейна ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева по методикам Б.Д. Тутберидзе и Н.Г. Корсания [5, 6, 19].

Объектами исследований служили растения *C. hystrix*, с которых нарезают черенки для укоренения и прививки.

В качестве подвоев использовали корнесобственные растения в возрасте 6 месяцев, полученные укоренением полуодревесневших черенков: *C. trifoliata*, *C. trifoliata* × *C. paradisi*, *C. macrophylla*, *C. volkameriana*.

Контроль - корнесобственные растения *C. hystrix* возрастом 8 месяцев (на момент 1 учета), полученные методом укоренения черенков.

1) Трифолиата (*C. trifoliata*) – холодостойкий и среднерослый подвой, обладающий высокой устойчивостью к вирусу tristeza цитрусовых (CTV), хуанлунбину (HLB) и фитофторозу, мало подвержен нематодам и хорошо приспособлен к влажным суглинистым почвам, однако несовместим с некоторыми сортами лимонов;

2) Цитрумело (*C. trifoliata* × *C. paradisi*) – холодостойкий и сильнорослый гибридный подвой, обладающий средней устойчивостью к фитофторозу, вирусу tristeza цитрусовых (CTV) и хуанлунбину (HLB), хорошо приспособлен к легким песчаным и суглинистым почвам, несовместим с некоторыми сортами лимонов;

3) Макрофилла (*C. macrophylla*) – теплолюбивый и сильнорослый подвой, обладает низкой устойчивостью к вирусу tristeza цитрусовых (CTV) и хуанлунбину (HLB), хорошо приспособлен к высоким температурам, избыточному увлажнению, засолению и известковым почвам, совместим с большинством сортов цитрусовых;

4) Волкамериана (*C. volkameriana*) – теплолюбивый и сильнорослый подвой, урожайный, обладает средней устойчивостью к болезням, хорошо приспособлен к легким песчаным и суглинистым почвам, переносит умеренное засоление, хорошо совместим со многими сортами цитрусовых.

Прививку *C. hystrix* выполняли методом простой копулировки в центральный проводник на подвой.

Привитые растения помещали в пленочный тоннель с туманообразующей установкой низкого

давления. Режим работы установки с 8:00 до 20:00 составлял 5 секунд работы с интервалом 15 минут. В ночное время увлажнение не производилось. Влажность воздуха в тоннеле поддерживалась на уровне 85-90 %, температура воздуха +20...+25 °С.

После успешного срастания компонентов прививки (25-30 суток культивирования), растения адаптировали к пониженной влажности и выращивали в контролируемых условиях защищенного грунта.

Первый учет морфометрических показателей развития привитых растений *C. hystrix* производили после адаптации к условиям защищенного грунта и окончания первой волны роста (30 суток культивирования). Последующие учеты производили с интервалом в 60 суток. В случае появления побегов подвоя их немедленно удаляли.

Полив растений осуществляли по мере просыхания на 2-3 см верхнего слоя торфяного субстрата. Для предотвращения дефицита элементов питания исследуемых растений проводили подкормку водорастворимым комплексным минеральным удобрением с микроэлементами в хелатной форме «Акварин 8» производства Буйского химического завода в дозировке 1,5 г/л воды с интервалом 14 суток, согласно рекомендациям производителя.

При изучении влияния подвоев на вегетативную продуктивность *C. hystrix* учитывали следующие показатели развития растений: среднее количество побегов, средняя длина побегов, среднее количество листьев.

Повторность опыта трехкратная, по 6 растений в каждой повторности. Статистическую обработку данных проводили при помощи однофакторного дисперсионного анализа по методикам В.Ф. Моисейченко и А.В. Исачкина, с использованием компьютерных программ Microsoft Office Excel 2019 и PAST 4, что подтвердило достоверность полученных результатов исследований [4, 13]. Статистически значимые различия средних значений проверяли с помощью t-критерия ($P < 0,05$). Данные представлены в виде средних значений и стандартной ошибки среднего ($M \pm SEM$).

Результаты и обсуждение

По окончании наблюдений за исследуемыми корнесобственными и привитыми растениями при расчёте однофакторного дисперсионного анализа были получены результаты, при которых установлено, что наличие подвоя достоверно влияет на вегетативную продуктивность *C. hystrix*.

При учёте морфометрических показателей развития надземной системы изучаемых растений на 30^е сутки культивирования было выявлено, что привитые растения на всех исследуемых подвоях превосходят контроль по показателям суммарной длины побегов ($16,60 \pm 0,24$ - $28,82 \pm 0,36$ см против $10,41 \pm 0,22$ см в контроле) и количеству листьев ($9,67 \pm 0,26$ - $13,78 \pm 0,22$ шт. против $5,17 \pm 0,26$ шт. в контроле).

На 90^е сутки учета по суммарной длине побегов и количеству листьев была сохранена динамика преобладания привитых растений над контролем с самыми высокими значениями в варианте *C. macrophylla* (суммарная длина побегов $39,24 \pm 0,44$ см против $15,38 \pm 0,27$ см в контроле; количество листьев $19,72 \pm 0,27$ шт. против $7,56 \pm 0,26$ шт. в контроле).

На 150^е сутки учета по показателю количества побегов выявлено преимущество прививки на *C. volkameriana* ($4,06 \pm 0,21$ шт. против $1,94 \pm 0,18$ шт. в контроле). По суммарной длине побегов, как и в предыдущих учетах, наибольшие показатели имел вариант *C. macrophylla* ($63,10 \pm 0,53$ см против $17,03 \pm 0,40$ см в контроле). По показателю количества листьев наилучшим вариантом также стал *C. volkameriana* ($24,61 \pm 0,25$ шт. против $9,28 \pm 0,42$ шт. в контроле).

На 210^е сутки культивирования сохранилось преимущество лидирующих вариантов. По количеству побегов - в варианте с прививкой на подвой *C. volkameriana* ($6,67 \pm 0,17$ шт. против $2,39 \pm 0,12$ шт. в контроле). По суммарной длине побегов - с прививкой на подвой *C. macrophylla* ($84,17 \pm 0,94$ см против $21,83 \pm 0,45$ см в контроле). По показателю количества листьев - с прививкой на подвой *C. volkameriana* ($33,72 \pm 0,54$ шт. против $12,61 \pm 0,43$ шт. в контроле) (табл.).

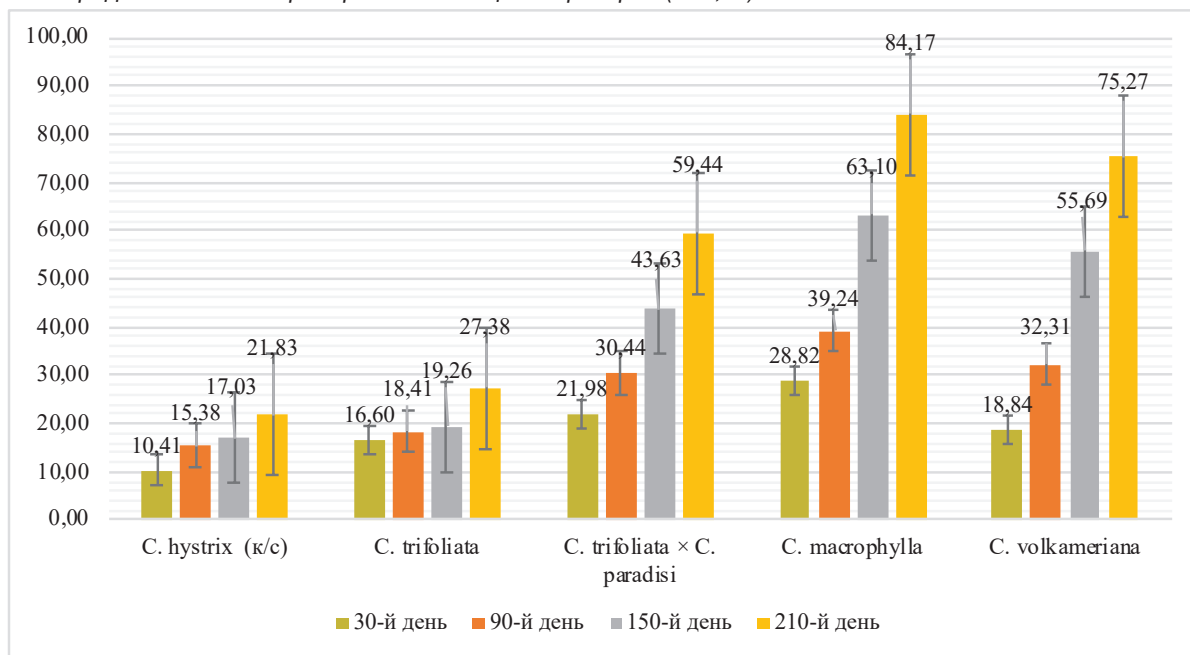
Таблица. Морфометрические показатели развития надземной системы корнесобственных (к/с) и привитых растений *C. hystrix* DC

Подвой	30 сутки (I)	90 сутки (II)	150 сутки (III)	210 сутки (IV)
количество побегов, шт.				
<i>C. hystrix</i> (к/с)	$1,22 \pm 0,10$	$1,50 \pm 0,15$	$1,94 \pm 0,18$	$2,39 \pm 0,12$
<i>C. trifoliata</i>	$1,44 \pm 0,12$	$2,17 \pm 0,16$	$2,50 \pm 0,12$	$3,06 \pm 0,15$
<i>C. trifoliata</i> × <i>C. paradisi</i>	$1,56 \pm 0,12$	$2,22 \pm 0,14$	$3,56 \pm 0,15$	$4,67 \pm 0,17$
<i>C. macrophylla</i>	$1,50 \pm 0,12$	$2,28 \pm 0,14$	$2,89 \pm 0,17$	$3,44 \pm 0,12$
<i>C. volkameriana</i>	$1,17 \pm 0,10$	$1,78 \pm 0,16$	$4,06 \pm 0,21$	$6,67 \pm 0,17$
HCP ₀₅	0,41	0,56	0,60	0,53
суммарная длина побегов, см				
<i>C. hystrix</i> (к/с)	$10,41 \pm 0,22$	$15,38 \pm 0,27$	$17,03 \pm 0,40$	$21,83 \pm 0,45$
<i>C. trifoliata</i>	$16,60 \pm 0,24$	$18,41 \pm 0,57$	$19,26 \pm 0,77$	$27,38 \pm 0,64$
<i>C. trifoliata</i> × <i>C. paradisi</i>	$21,98 \pm 0,24$	$30,44 \pm 0,42$	$43,63 \pm 0,85$	$59,44 \pm 0,56$
<i>C. macrophylla</i>	$28,82 \pm 0,36$	$39,24 \pm 0,44$	$63,10 \pm 0,53$	$84,17 \pm 0,94$
<i>C. volkameriana</i>	$18,84 \pm 0,35$	$32,31 \pm 0,52$	$55,69 \pm 0,55$	$75,27 \pm 0,89$
HCP ₀₅	1,09	1,98	2,49	2,74

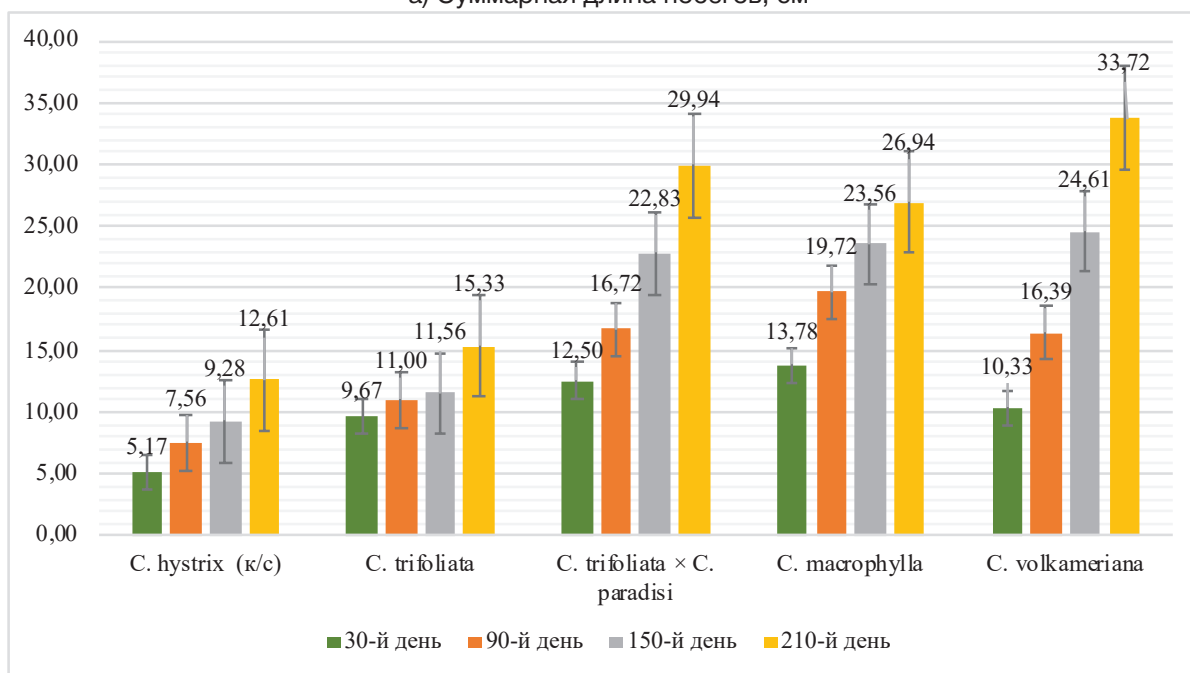
Продолжение таблицы

Подвой	30 сутки (I)	90 сутки (II)	150 сутки (III)	210 сутки (IV)
количество листьев, шт.				
<i>C. hystrix</i> (к/с)	5,17±0,26	7,56±0,26	9,28±0,42	12,61±0,43
<i>C. trifoliata</i>	9,67±0,26	11,00±0,31	11,56±0,37	15,33±0,31
<i>C. trifoliata</i> × <i>C. paradisi</i>	12,50±0,32	16,72±0,33	22,83±0,45	29,94±0,48
<i>C. macrophylla</i>	13,78±0,22	19,72±0,27	23,56±0,20	26,94±0,33
<i>C. volkameriana</i>	10,33±0,24	16,39±0,34	24,61±0,25	33,72±0,54
HCP ₀₅	0,95	1,13	1,34	1,61

Примечание - HCP₀₅ была рассчитана с помощью однофакторного дисперсионного анализа: где результаты выражены как среднее значение (M) ± стандартная ошибка среднего (SEM); значимости; статистически значимые различия средних значений проверяли с помощью t-критерия (P<0,05)



а) Суммарная длина побегов, см



б) Количество листьев, шт.

Рисунок. Показатели развития надземной системы корнесобственных (к/с) и привитых растений *C. hystrix* DC

Анализируя полученные данные, можно сделать вывод, что все исследуемые варианты подвоя по тем или иным показателям превосходят *C. hystrix* в корнесобственной культуре. При прививке на подвой *C. trifoliata* привитые растения по показателям развития уступали остальным вариантам подвоев, а выделяющая подвой холодостойкость не будет иметь решающего значения в паре с теплолюбивым *C. hystrix*. В комбинации с *C. trifoliata* × *C. paradise* привитые растения показали средние результаты по всем исследуемым показателям, однако, учитывая устойчивость данного подвоя, его можно рассматривать как перспективный.

C. macrophylla в комбинации с *C. hystrix* выделился как сильнорослый подвой, сохраняя лидерство во всех учетах по показателю суммарной длины побегов, однако привитые на нем растения показали меньшую разветвленность (количество побегов) и облиственность (количество листьев).

C. volkameriana в комбинации с *C. hystrix* показал

наилучшую сорто-подвойную комбинацию по показателям количества побегов и количества листьев (рис.).

Выводы

Выявлена эффективность размножения *C. hystrix* методом прививки, так как при этом его вегетативная продуктивность выше, чем в корнесобственной культуре.

Применение подвоя *C. macrophylla* позволяет получить растения *C. hystrix*, побеги которых по суммарной длине превосходят корнесобственные растения в 4 раза, что может найти применение при ускоренном размножении данной культуры.

Прививка *C. hystrix* на подвой *C. volkameriana* показала наилучшую сорто-подвойную комбинацию, так как растения в 2,7 раза превосходили корнесобственные растения *C. hystrix* по количеству побегов и в 2,6 раза по количеству листьев.

Полученные результаты могут быть полезны как в научных целях, так и в крупномасштабном производстве цитрусовых.

Литература/ References

1. Билалова Э.Г., Ишмуратова М.М., Садыкова Ф.В., Валишина А.Н. Особенности вегетативного размножения *Citrus limon* и *Citrus medica* башкирской селекции в Уфимском лимонарии // Научное обеспечение устойчивого развития плодового и декоративного садоводства: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 125-летию ВНИИЦСК и 85-летию Ботанического сада «Дерево Дружбы». 2019. С. 61-65. [Bilalova E.G., Ishmuratova M.M., Sadykova F.V., Valishina A.N. Features of vegetative propagation of *Citrus limon* and *Citrus medica* of Bashkir selection in the Ufa lemonarium. In: Scientific support for the sustainable development of fruit growing and ornamental horticulture: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the 125th anniversary of the All-Russian Research Institute of Citrus and Fruit Crops and the 85th anniversary of the Tree of Friendship Botanical Garden (September 23-27, 2019, Sochi, Russia). Sochi: ARSRIFSC, 2019;61-65. (in Russian)].
2. Горшков В.М. Корневая система *P. trifoliata*, как специализированный орган почвенного питания рода *Citrus* // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2022. № 77(5). С. 169-175. [Gorshkov V.M. The root system of *P. trifoliata* as a specialized organ for soil nutrition in the genus *Citrus* // *Fruit Growing and Viticulture in Southern Russia*. 2022;77(5):169-175. (in Russian)]. doi.org/10.30679/2219-5335-2022-5-77-169-175
3. Джанчарова Г.К., Мухаметзянов Р.Р., Платоновский Н.Г., Арзамасцева Н.В., Иванцова Н.Н., Васильева Е.Н., Федорчук М.Э.А.И. Россия и другие страны мира в международной торговле цитрусовыми фруктами // Московский экономический журнал. 2021. № 12. С. 467-487. [Dzhanzhara G.K., Mukhametzyanov R.R., Platonovsky N.G., Arzamasova N.V., Ivantsova N.N., Vasilyeva E.N., Fedorchuk M.E.A.I. Russia and other countries in the international trade of citrus fruits // *Moscow Economic Journal*. 2021;12:467-487 (in Russian)]. doi.org/10.24412/2413-046X-2021-10727
4. Исачкин А.В., Крючкова В.А. Основы научных исследований в садоводстве: учебник для вузов / под редакцией А.В. Исачкина. Санкт-Петербург: Лань, 2020. 420 с. [Isachkin A.V., Kryuchkova V.A. Fundamentals of Scientific Research in Horticulture: A Textbook for Universities [edited by A.V. Isachkin]. Saint Petersburg: Lan, 2020;420 p. (in Russian)].
5. Корсания Н.Г., Саникидзе А.Б. Рост и развитие мандарина, привитого на различных подвоях в питомнике // Субтропические культуры. 1982. № 2. С. 104-109. [Korsania N.G., Sanikidze A.B. Growth and development of mandarin trees grafted onto different rootstocks in a nursery // *Subtropical crops*. 1982;2:104-109 (in Russian)].
6. Корсания Н.Г. Результаты изучения роста и развития растений мандарина, привитых на различных подвоях // Материалы республиканской конференции молодых ученых, посв. 200-летию Георгиевского трактата. 1983. С. 66-68. [Korsania N.G. Results of studying the growth and development of mandarin plants grafted onto various rootstocks. In: Materials of the republican conference of young scientists, dedicated to the 200th anniversary of the Treaty of Georgievsk. Tbilis, 1983:66-68 (in Russian)].
7. Кувшинова О.А., Павкина И.П. Методы сохранения качества плодовоовощной продукции // E-Scio. 2022. № 10(73). С. 186-193. [Kuvshinova O.A., Pavkina I.P. Methods for preserving the quality of fruit and vegetable products. *E-Scio*. 2022;10(73):186-193 (in Russian)].
8. Кулешов А.С., Кулян Р.В. Подвои для цитрусовых культур (литературный обзор) // Субтропическое и декоративное садоводство. 2021. № 78. С. 89-99. [Kuleshov A.S., Kulian R.V. Rootstocks for citrus crops (literature review) // *Subtropical and ornamental horticulture*. 2021;78:89-99 doi.org/10.31360/2225-3068-2021-78-89-98 (in Russian)].
9. Кулян Р.В. Селекция цитрусовых (мандарин) в условиях субтропической зоны Краснодарского края // Садоводство и виноградарство. 2013. № 2. С. 11-16. [Kulyan R.V. Breeding of citrus fruits (mandarins) in the subtropical zone of Krasnodar region. *Horticulture and Viticulture*. 2013;2:11-16 (in Russian)].
10. Кулян Р. В., Кулешов А.С. Коллекция цитрусовых Субтропического научного центра РАН // Интродукция, сохранение и использование биологического разнообразия флоры: материалы международной научной конференции, посвященной 90-летию Центрального ботанического сада Национальной академии наук Беларуси. 2022. № 2. С. 306-309. [Kulian R.V., Kuleshov A.S. Citrus collection of the Subtropical Scientific Center of the

- Russian Academy of Sciences // Introduction, conservation, and use of biological diversity of flora: Proceedings of the international scientific conference dedicated to the 90th anniversary of the Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus (June 28-July 1, 2022, Minsk, Belarus). Minsk: 2022;2:306-309. (in Russian)].
11. Кунина В.А., Платонова Н.Б., Белоус О.Г. Использование агрохимикатов регуляторного действия на растениях мандарина для получения качественной продукции // *Субтропическое и декоративное садоводство*. 2023. № 87. С. 67-79. [Kunina V.A., Platonova N.B., Belous O.G. Use of agrochemicals with regulatory action on mandarin plants to obtain high-quality products / In: *Subtropical and ornamental horticulture*. 2023;87:67-79. (in Russian)].
12. Литвинов В.И., Литвинова Т.В., Николенко В.В., Шишкина Е.Л. Субтропические культуры: учебное пособие / под ред. В.И. Копылова. Санкт-Петербург: Лань, 2019;320 с. [Litvinov V.I., Litvinova T.V., Nikolenko V.V., Shishkina E.L. *Subtropical crops: textbook* [edited by V.I. Kopylov]. Saint Petersburg: Lan, 2019;320 p. (in Russian)].
13. Моисейченко В.Ф., Заверюха А.Х., Трифонова М.Ф. Основы научных исследований в плодоводстве, овощеводстве и виноградарстве. Москва: Колос, 1994. 383 с. [Moiseichenko V.F., Zaveryukha A.Kh., Trifonova M.F. *Fundamentals of scientific research in fruit growing, vegetable growing, and viticulture*. Moscow: Kolos, 1994;383 p. (in Russian)].
14. Рындин А.В., Кулешов А.С., Кулян Р.В. Особенности летней окулировки цитрусовых культур во влажных субтропиках России // *Субтропическое и декоративное садоводство*. 2024. № 91. С. 158-167. [Rydin A.V., Kuleshov A.S., Kulian R.V. Features of summer grafting of citrus crops in the humid subtropics of Russia. *Subtropical and ornamental horticulture*. 2024;91:158-167 (in Russian)]. doi.org/10.31360/2225-3068-2024-91-107-158-167
15. Сабекия Д.А. Влияние сроков летне-осенней окулировки на приживаемость глазков мандарина в условиях Абхазии // *Новые технологии*. 2016. № 2. С. 123-128. [Sabekia D.A. The effect of summer-autumn grafting times on the survival rate of mandarin buds in Abkhazia. *New Technologies*. 2016;2:123-128 (in Russian)].
16. Сабекия Д.А. Выращивание саженцев цитрусовых культур в питомнике ГНУ ИСХ АНА // *Субтропическое и декоративное садоводство*. 2021. № 78. С. 99-107. [Sabekia D.A. Growing citrus seedlings in the nursery of the State Scientific Institution «Institute of Horticulture of the Academy of Sciences of the Republic of Azerbaijan» // *Subtropical and Ornamental Horticulture*. 2021;78:99-107 (in Russian)]. doi.org/10.31360/2225-3068-2021-78-99-106
17. Самарина Л.С., Коломиец Т.М., Горшков В.М. Биотехнология цитрусовых культур: достижения и перспективы (обзор иностранной литературы) // *Садоводство и виноградарство*. 2011. № 6. С. 30-34. [Samarina L.S., Kolomiets T.M., Gorshkov V.M. Biotechnology of citrus crops: achievements and prospects (review of foreign literature) // *Horticulture and Viticulture*. 2011;6:30-34. (in Russian)].
18. Сотник А.И., Танкевич В.В. Влияние подвоя и сорта на биометрические показатели окулянтов груши в питомнике // *Магарач. Виноградарство и виноделие*. 2019. Т. 21, № 4(110). С. 324-327. [Sotnik A.I., Tankovich V.V. The influence of rootstock and variety on the biometric indicators of pear grafts in a nursery // *Magarach. Viticulture and Winemaking*. 2019;21:324-327 (in Russian)]. doi.org/10.35547/IM.2019.21.4.009
19. Тутберидзе Б.Д. Влияние различных форм подвоя на биологию роста вегетативных органов лимона, апельсина и мандарина // *Субтропические культуры*. 1982. № 2. С. 89-94. [Tutberidze B.D. The influence of various rootstock forms on the biology of the growth of vegetative organs of lemon, orange, and mandarin. *Subtropical crops*. 1982;2:89-94 (in Russian)].
20. Шутова А.Г., Алехна А.И., Шкеленок В.П. Микроклональное размножение перспективных представителей рода *Citrus L* // Интродукция, сохранение и использование биологического разнообразия флоры: Материалы международной научной конференции, посвященной 90-летию Центрального ботанического сада Национальной академии наук Беларуси. 2022. № 2. С. 195-198. [Shutova A.G., Alekhna A.I., Shkelenok V.P. Microclonal propagation of promising representatives of the genus *Citrus L*. Introduction, conservation, and use of biological diversity of flora: Proceedings of the international scientific conference dedicated to the 90th anniversary of the Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus (June 28-July 1, 2022, Minsk, Belarus). Minsk: 2022;195-198 (in Russian)].
21. An T.N.T., Ngan T.T.K., Van C.K., Anh H.L.T., Minh L.V., Ay N.V. The major and minor components of Kaffir Lime (*Citrus hystrix* DC) essential oil in the steam distillation process. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2021;012082. doi.org/10.1088/1757-899X/1092/1/012082
22. Budiarto R., Poerwanto R., Santosa E., Efendi D., Agusta A. Agronomical and physiological characters of kaffir lime (*Citrus hystrix* DC) seedling under artificial shading and pruning. *Emirates Journal of Food and Agriculture*. 2019a;31(3):222-230. doi.org/10.9755/ejfa.2019.v31.i3.1920
23. Budiarto R., Poerwanto R., Santosa E., Efendi D., Agusta A. Production, Post-Harvest and Marketing of Kaffir Lime (*Citrus hystrix* DC) In Tulungagung. *Indonesia Journal of Tropical Crop Science*. 2019b;6(2):138-143. doi.org/10.29244/jtcs.6.02.138-143
24. Budiarto R., Wathoni N., Mubarak S., Hamdani J., Ujilestari T., Darsih C., Sari R., Rukmana R., Sholikin M. Recent overview of kaffir lime (*Citrus hystrix* DC) dual functionality in food and nutraceuticals. *Journal of Agriculture and Food Research*. 2024;18:1-16. doi.org/10.1016/j.jafr.2024.101384
25. Dertysasa E.D., Sri Tunjung W.A. Volatile organic compounds of kaffir lime (*Citrus hystrix* DC.) leaves fractions and their potency as traditional medicine. *Biosci. Biotechnol. Res. Asia*. 2017;14:1235-1250. doi.org/10.13005/bbra/2566
26. Lubinska-Szczygel M., Kuczynska-Lazewska A., Rutkowska M., Polkowska Z., Katrich E., Gorinstein S. Determination of the Major By-Products of Citrus hystrix Peel and Their Characteristics in the Context of Utilization in the Industry. *Molecules*. 2023;28:1-21. doi.org/10.3390/molecules28062596
27. Niedz R.P., Bowman K.D. Improving citrus bud grafting efficiency. *Sci Rep*. 2023;13:1-11. doi.org/10.1038/s41598-023-44832-x
28. Raksakantong P., Siriamornpun S., Meeso N. Effect of drying methods on volatile compounds, fatty acids and antioxidant property of Thai kaffir lime (*Citrus hystrix* DC.). *Int. J. Food Sci. Technol*. 2012;47:603-612. doi.org/10.1111/j.1365-2621.2011.02883.x
29. Richa R., Kohli D., Vishwakarma D.K., Mishra A., Kabdal B., Kothakota A., Richa S., Sirohi R., Kumar R., Naik B. Citrus fruit: Classification, value addition, nutritional and medicinal values, and relation with pandemic and hidden hunger.

Journal of Agriculture and Food Research. 2023;14:1-13. doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100718

30. Singh K.K. Propagation of citrus species through cutting: A review. *Journal of Medicinal Plants Studies*. 2018;6:167-172.

Павел Олегович Казаков

Аспирант кафедры плодводства, виноградарства и виноделия, младший научный сотрудник ФГБНУ ВНИИФ
E-mail: paulkazako@gmail.com

Pavel Olegovich Kazakov

Postgraduate student of the Department of fruit growing, viticulture and winemaking. Junior scientist at the Federal State Budgetary Scientific Establishment the All-Russian Scientific Research Institute of a Phytopathology
E-mail: paulkazako@gmail.com

Светлана Владимировна Акимова

Профессор кафедры плодводства, виноградарства и виноделия
E-mail: akimova@rgau-msha.ru

Svetlana Vladimirovna Akimova

Professor of the Department of fruit growing, viticulture and winemaking
E-mail: akimova@rgau-msha.ru

Александр Валерьевич Зубков

Доцент кафедры плодводства, виноградарства и виноделия
E-mail: a.zubkov@rgau-msha.ru

Alexander Valeryevich Zubkov

Associate professor of the Department of fruit growing, viticulture and winemaking
E-mail: a.zubkov@rgau-msha.ru

Егор Григорьевич Самощенко

Доцент кафедры плодводства, виноградарства и виноделия
E-mail: samoshenkov@rgau-msha.ru

Egor Grigorievich Samoschenkov

Associate professor of the Department of fruit growing, viticulture and winemaking
E-mail: samoshenkov@rgau-msha.ru

Людмила Александровна Марченко

Доцент кафедры плодводства, виноградарства и виноделия
E-mail: l.marchenko@rgau-msha.ru

Lyudmila Alexandrovna Marchenko

Associate professor of the Department of fruit growing, viticulture and winemaking
E-mail: l.marchenko@rgau-msha.ru

Все: Институт Садоводства и ландшафтной архитектуры, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева 127434, Россия, г. Москва, Тимирязевская ул., 49

All: Institute of Horticulture and landscape architecture, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy 49, Timiryazevskaya street, Moscow, 127434, Russia

DOI 10.33775/1684-2464-2026-70-1-55-60
УДК: 635.075/634

Лазыко В.Э., канд. с.-х. наук,
Ковалева Е.В.,
Мишучкова А.Е.
г. Краснодар, Россия

ДЫНЯ СОРТА ЕВА

В статье представлена информация о новом сорте дыни «Ева», который характеризуется пигментированной мякотью плодов, продолжительностью вегетационного периода 58–60 дней, повышенной устойчивостью к фузариозному увяданию и бактериальной пятнистости на листьях. В рамках селекционной программы, нацеленной на получение потомства с сокращённым периодом созревания, в качестве исходной материнской формы использовали раннеспелый сорт дыни Таманская с относительно высокой устойчивостью к фузариозному увяданию. Для создания гибридных комбинаций с окрашенной мякотью плодов в качестве генетических источников использовали биотипы с соответствующими характеристиками, выделенные в потомстве гибридов F_2 в коллекционном питомнике. Сорта и гибриды зарубежной и отечественной селекции, обладающие высоким иммунитетом к основным заболеваниям и хорошими вкусовыми качествами, с разными полезно-хозяйственными признаками и сроками созревания использовали как исходный материал. В процессе селекции проводили оценку по комплексу хозяйственно ценных признаков, которые соответствуют модели будущего сорта: относительно высокая резистентность к бактериальной пятнистости листьев, окрашенная мякоть плодов и срок вегетации. Генотипы, выделенные из гибридного потомства, и популяционные сорта были использованы для создания гибридных комбинаций. Селекционный материал, полученный в ходе работы, оценили по устойчивости к бактериальной пятнистости листьев как в естественной среде, так и при искусственном заражении патогеном. Выделили невосприимчивые к бактериальной пятнистости листьев и к фузариозному увяданию генотипы с цветной мякотью и массой плодов более 2,5 кг и содержанием сухих растворимых веществ (СРВ) 9,0–11,0 % по шкале Брикса (Brix). Чтобы сохранить и закрепить эти признаки, в течение трех лет проводили инбредные скрещивания.

Ключевые слова: дыня, сорт, гибрид, окрашенная мякоть, резистентность, бактериоз.

MELON VARIETY EVA

This article presents the results of developing a new melon variety named “Eva,” which is characterized by pigmented fruit pulp and a vegetation period of 58–60 days. This variety exhibits enhanced resistance to Fusarium wilt and bacterial leaf spot. Within the breeding program aimed at obtaining progeny with a short vegetation period, the early-maturing melon variety Tamanskaya, which has relatively high resistance to Fusarium wilt, was used as the initial maternal parent. To create hybrid combinations with colored fruit pulp, biotypes with the corresponding characteristics, isolated from the F_2 hybrid progeny in the collection nursery, were used as genetic sources. The source material used was varieties and hybrids of foreign and domestic selection, possessing high immunity to major diseases and good taste qualities, with different economically valuable traits and ripening periods. During the breeding process, the material was primarily evaluated based on a complex of economically valuable traits that matched the model of the future variety: relatively high resistance to bacterial leaf spot, colored fruit pulp and growing season. Genotypes isolated from hybrid progeny and population varieties were used to create hybrid combinations. The breeding material obtained during the work was evaluated for resistance to bacterial leaf spot both under natural conditions and through artificial inoculation with the pathogen. Genotypes were isolated that were virtually immune to bacterial leaf spot and Fusarium wilt, had colored flesh, fruit weight exceeding 2.5 kg, and a dry soluble solids (DSS) content of 9.0–11.0% Brix. To preserve and consolidate these traits, inbred crosses were conducted over a period of three years.

Key words: melon, variety, hybrid, colored pulp, resistance, bacteriosis.

Введение

Дыня — сочный, освежающий фрукт с высоким содержанием сахара, настоящий десерт, подходящий как для детей, так и для взрослых — насыщена магнием, калием, железом, витаминами группы С и Р. Дыня прекрасно утоляет жажду, снижает уровень холестерина в крови и является

успокоительным средством. Благодаря высокому содержанию воды дыня помогает поддерживать водный баланс, устраняет отеки и мягко очищает почки, выводя излишки солей и облегчая их работу. А с помощью клетчатки выводятся токсины из желудочно-кишечного тракта. Наиболее распространённый способ употребления дыни — в све-

жем виде, как самостоятельный десерт. Так же из нее готовят салаты, коктейли, сорбеты, варенье и даже маринады. В Средней Азии дыни традиционно сушат, делают дынный мед — бекмес. Окраска мякоти дыни обусловлена в основном каротиноидами (например, бета-каротином) и другими пигментами. Наличие разноцветной палитры мякоти дыни делает блюдо более привлекательным. Чтобы удовлетворить растущий потребительский спрос рынка сельхозпроизводители начали выращивать сорта и гибриды дыни с окрашенной мякотью. Большое значение для АПК имеет создание скороспелых и высокоурожайных сортов и гибридов с превосходными вкусовыми качествами [10].

В аграрном секторе Кубани ежегодно бахчевыми культурами засеивается от 9,5 до 14,6 тыс. га пашни, что составляет около 3,3-3,6 %. От этой площади под посевами дыни занято от 5 до 10 %. Сортами дыни отечественной селекции засеивается более 80 %. Несмотря на благоприятные почвенно-климатические условия Краснодарского края в среднем урожайность дыни очень низкая – около 4 т/га. Этому способствует целый набор возможных негативных стресс-факторов: повреждение всходов низкими температурами в мае, аномально высокие температуры в период цветения и плодоношения, в период вегетации недостаточное количество осадков и воздушная засуха, ухудшение фитосанитарного состояния посевов из-за патогенов.

В селекционных программах следует делать акцент на отбор материала и получение линий с устойчивостью к бактериальной пятнистости тыквенных культур. В основном растения дыни поражаются пероноспорозом, бактериальной пятнистостью листьев и фузариозным увяданием. Наиболее эффективным способом борьбы с патогенами является использование толерантных сортов дыни. Для достижения этой цели необходимо максимально использовать весь имеющийся коллекционный и селекционный материал. Современные требования производителей к сортам дыни включают совмещение в одном генотипе хозяйственно-ценных признаков, с высокой адаптивностью к условиям выращивания и комплексную устойчивость к патогенам [9]. Для решения этих задач в селекционных программах по созданию новых сортов дыни используют доноры устойчивости к основным стрессорам [2, 19]. Создание конкурентоспособных отечественных сортов и гибридов дыни с цветной мякотью плодов и с устойчивостью к патогенам одна из актуальных задач, которая реализуется в отделе овощеводства ФГБНУ «ФНЦ риса» [6].

Цель исследований

Создать сорт дыни раннеспелой группы с

цветной мякотью плодов и высокой резистентностью к бактериальной пятнистости листьев и фузариозному увяданию, с высокими вкусовыми, пищевыми и технологическими качествами, с большим потенциалом продуктивности и адаптированный к почвенно-климатическим условиям Краснодарского края.

Материалы и методы

Селекционная работа по созданию сорта дыни Ева проводилась в соответствии с руководством и методическими указаниями «Селекция бахчевых культур» [4, 11, 13, 14], рекомендациями и стандартами [1, 3, 18]. Для достижения желаемых результатов в работе использовались классические методы селекции: межсортовая гибридизация, индивидуальный отбор с оценкой потомства и инбридинг для закрепления ценных положительных признаков [7, 8, 20]. Для выведения сорта, соответствующего модели, был отобран материал, который при схеме поэтапного скрещивания обеспечивал желаемую генетическую изменчивость в селекционной популяции [5, 12, 21]. Объектами исследования были сорта дыни и гибридные популяции отечественной и зарубежной селекции. Научные исследования проводились на опытном участке и в пленочных теплицах селекционно-семеноводческого центра отдела овощеводства ФГБНУ «ФНЦ риса». Агротехнические мероприятия проводили в соответствии с рекомендациями по выращиванию и семеноводству бахчевых культур [1, 15, 17].

Результаты и обсуждение

В августе 2025 года подготовлены и переданы документы на новый сорт дыни Ева в Государственную комиссию Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений. Этот сорт создан совместными усилиями сотрудников лаборатории бахчевых и луковых культур ФГБНУ «ФНЦ риса». Сорт относится к европейскому подвиду разновидности скороспелка с вегетационным периодом от всходов до первого сбора плодов 58-60 суток. Сорт отличается высокой резистентностью к бактериозу и фузариозу. Плоды массой 2,5-3,4 кг, эллиптической формы. Окраска коры плода желтая с лимонным оттенком. Поверхность плода полностью покрыта связанной среднеячеистой сеткой. Мякоть оранжевого цвета средней интенсивности, хрустящая, средней толщины 4-5 см, с приятным дынным ароматом (рис. 1). Высокое содержание сахаров - от 9 до 11 %. Вкусовые качества плодов оцениваются в 4,5-4,8 баллов. При созревании плоды легко отделяются от плодоножки.

В конкурсном испытании проводили фенологические наблюдения, оценку и учеты новых перспективных сортообразцов дыни с цветной

мякотью. Полученные результаты оценки сорта на опытном участке ФГБНУ «ФНЦ риса» на фоне других сортов и гибридов дыни представлены в таблице 1. По урожайности новые сортообразцы дыни превосходят сорта стандарты Таманская и Стрельчанка на 1,4–8,9 т/га. Несмотря на особенности погодных условий периода вегетации в 2025 году, новые сортообразцы дыни по урожайности, массе плода и количественным показателям сухих растворимых веществ (СРВ) в мякоти превышают стандартные сорта Таманская и Стрельчанка на 0,6–4,2 мг%. В отличие от стандартных сортов, для данных образцов характерна оранжевая, желтая и зеленая мякоть, а также крупный, густой сетчатый рисунок коры, что отвечает современным требованиям потребителя рынка.



Рисунок 1. Плод дыни

Таблица 1. Конкурсное испытание сортов дыни, 2025 г.

Сорт / линия	Урожайность, т/га	Прибавка к стандарту (+/-) т/га	Плод				СРВ, мг %
			масса, кг	высота, см	диаметр, см	индекс, h/d	
Таманская, st.	12,5	-	0,8	13,9	11,2	1,2	9,3
Стрельчанка, st.	8,8	-	0,78	13,0	11,0	1,18	9,8
Стрельчанка удлиненная	17,7	+8,9	1,77	19,0	14,0	1,35	10,4
Тор (киви) зм	14,1	+1,6	0,87	11,9	11,2	1,07	10,6
Тор (3)	13,3	+0,8	1,33	16,0	12,7	1,26	11,0
Тж (ар)	16,5	+4,0	1,65	13,5	11,0	1,23	13,5
Ева	13,9	+1,4	1,54	19,0	12,0	1,58	11,5
Для урожайности: $F_{\text{факт.}} 7,17 > F_{05} 6,61$ $HCP_{05} = 1,97$ т/га							

Растение дыни сорта Ева среднеплетистое, у которого развивается от 4 до 6, и может быть более, стеблей второго порядка (рис. 2). На растении

цветки мужские и обоеполые (половой тип андромоноция). Мужские цветки чаще собраны в соцветия (рис. 3).



Рисунок 2. Растение дыни сорта Ева

Цветение мужских цветков начинается с главного стебля. В пазухах листьев появляются одиночные обоеполые цветки начиная с



Рисунок 3. Мужские цветки в соцветиях

4-7 междоузлия от корневой шейки (рис. 4). На растении формируется от двух до пяти плодов (рис. 5).

**Рисунок 4. Обоеполые цветки дыни**

При создании сорта Ева в качестве родительской формы для получения гибридных комбинаций с наследованием признака скороспелости был использован сорт дыни Таманская. Сорт с периодом вегетации (52-55 суток) и высокой толерантностью к фузариозному увяданию. В коллекционном питомнике в потомстве гибридов F_2 были выделены биотипы с цветной мякотью плодов [9, 16]. Учитывались и другие хозяйственно ценные признаки: форма, размер и окраска плодов, наличие сетки, консистенция мякоти и содержание сухих растворимых веществ. Выделенный исходный материал использовали в скрещивании для получения гибридных комбинаций с сортом Таманская. В гибридных поколениях отобрали образцы с периодом вегетации 55-60 суток и цветной мякотью плодов, которые использовали в последующих скрещиваниях с биотипом, выделенным из популяции сорта Комета с высокими показателями устойчивости к бактериальной пятнистости листьев. В потомстве гибридных комбинаций на естественном и искусственном инфекционном фоне выделили образцы с окрашенной мякотью плодов и относи-

**Рисунок 5. Растение дыни в период вегетации**

тельно высокой резистентностью к бактериозу. В течение трех лет проводили инцухт-скрещивания для закрепления хозяйственно ценных признаков. Ежегодно оценивали и отбирали лучшее потомство после искусственной инокуляции растений.

Выводы

Использование доноров с высокой резистентностью к фузариозному увяданию и к бактериальной пятнистости листьев, инцухт-скрещиваний для закрепления хозяйственно ценных признаков позволило создать новый сорт дыни Ева с окрашенной мякотью плодов и периодом вегетации 58-60 суток. При производстве товарной продукции значительно сокращается количество обработок пестицидами. Урожайность сорта при выращивании на богаре высокая – 9-14 т/га.

В августе 2025 года подготовлены и переданы документы на новый сорт дыни Ева в Государственную комиссию Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений. Этот сорт создан совместными усилиями сотрудников лаборатории бахчевых и луковых культур ФГБНУ «ФНЦ риса».

Литература/References

1. Благородова Е.Н., Лазько В.Э Основы семеноводства бахчевых культур. Краснодар: КубГАУ, 2021. 148 с. [Blagorodova E.N., Laz'ko V.E. Fundamentals of seed production of melons. Krasnodar: KubSAU, 2021;148 p. (in Russian)].
2. Варивода Е.А., Колебошина Т.Г., Вербицкая Л.Н. Основные результаты работы по селекции бахчевых культур в условиях Волгоградского Заволжья // *Овощи России*. 2020. № 4. С. 37-41. [Varivoda E. A., Kaleboshina T.G., Verbitskaya L.N. Main results of the work on breeding melons in the conditions of the Volgograd Trans-Volga region. *Vegetables of Russia*. 2020;4:37-41 (in Russian)]. doi.org/10.18619/2072-9146-2020-4-37-41
3. Верховодов П.А. Пособие по бахчеводству. Ростов-на-Дону, 2009. 100 с. [Verkhovodov P.A. Handbook of Melon Growing. Rostov-on-Don, 2009;100 p. (in Russian)].
4. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта: с основами статистической обработки результатов исследований 3-е изд., перераб. и доп. Москва: Издательство "Колос", 1973. 336 с. [Dospikhov B.A. Methodology of field experiment: with the basics of statistical processing of research results 3rd ed., revised and enlarged. Moscow: Kolos Publishing House, 1973;336 p. (in Russian)].

5. Дютин К.Е. Генетика и селекция бахчевых культур: монография. Астрахань: [б. и], 2007. 319 с. [Dyutin K.E. Genetics and breeding of melon crops: monograph. Astrakhan: [n/p], 2007;319 p. (in Russian)].
6. Ковалева Е.В., Лазько В.Э., Радько Д.П., Мишучкова А.Е. Создание линий дыни с устойчивостью к бактериозу // Агроинновации: интеграция науки и бизнеса: материалы школы-конференции для молодых ученых с международным участием. 2025. С. 130-134. [Kovaleva E.V., Laz'ko V.E., Rad'ko D.P., Mishuchkova A.E. Development of melon lines with resistance to bacterial blight. In: Agriinnovations: integration of science and business: Proceedings of the School-conference for Young Scientists with international participation (June 25-27, 2025, Krasnodar, Russia). Krasnodar: Federal Scientific Rice Centre, 2025;130-134 (in Russian)]. doi.org/10.33775/conf-2025-130-134
7. Колебошина Т.Г., Байбакова Н.Г., Варивода Е.А., Егорова Г.С. Сравнительная оценка новых сортов и гибридных популяций дыни // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 2(58). С. 57-65. [Koleboshina T.G., Baibakova N.G., Varivoda E.A., Egorova G.S. Comparative assessment of new varieties and hybrid populations of melon. Bulletin of the Nizhnevolzhsky Agrarian University Complex: Science and Higher Professional Education. 2020;2(58):57-65 (in Russian)]. doi.org/10.32786/2071-9485-2020-02-05
8. Корнилова М. С., Суслова В. А., Вербицкая Л. Н. Новый исходный материал для создания перспективных сортов дыни // Овощи России. 2021. № 5. С. 22-26. [Kornilova M.S., Suslova V.A., Verbitskaya L.N. New source material for developing promising melon varieties. Vegetables of Russia. 2021;5:22-26 (in Russian)]. doi.org/10.18619/2072-9146-2021-5-22-26
9. Лазько В.Э., Благородова Е.Н., Якимова О.В., Ковалева Е.В. Создание селекционного материала раннеспелой дыни с цветной мякотью плодов // Рисоводство. 2023. № 4(61). С. 49-54. [Lazko V.E., Blagorodova E. N., Yakimova O. V., Kovaleva E. V. Creation of breeding material for earlyripening melon with colored fruit pulp. Rice growing. 2023;4(61):49-54. (in Russian)]. doi.org/10.33775/1684-2464-2023-61-4-49-54
10. Лазько В.Э., Якимова О.В., Ковалева Е.В., Радько Д.П. Создание линий дыни устойчивой к бактериозу // Инновационное развитие агропромышленного комплекса: новые подходы и актуальные исследования: материалы Международной научно-практической конференции в рамках мероприятий «Десятилетия науки и технологий в Российской Федерации», 300-летия Российской академии наук. 2024. С. 185-190. [Lazko V.E., Yakimova O.V., Kovaleva E.V., Rad'ko D.P. Development of melon lines resistant to bacteriosis. In: Innovative development of the agroindustrial complex: new approaches and relevant researches: material of the International scientific and practical conference within the framework of the events of the "Decade of Science and Technology in the Russian Federation", the 300th anniversary of the Russian Academy of Sciences, Krasnodar, (April 24-25, 2024, Krasnodar, Russia). Krasnodar: IP Kopyltsova P.I., 2024;185-190 (in Russian)]. doi.org/10.33775/conf-2024-185-190
11. Литвинов С.С. Методика опытного дела в овощеводстве. М.: 2011. С. 648. [Litvinov S.S. Methodology of experimental work in vegetable growing. M.: 2011;648 p. (in Russian)].
12. Масленникова Е.С., Байбакова Н.Г., Варивода Е.А. Оценка селекционного материала дыни на устойчивость к мучнистой росе и антракнозу // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. 2021. № 141. С. 107-113. [Maslennikova E.S., Baibakova N.G., Varivoda E.A. Evaluation of melon breeding material for resistance to powdery mildew and anthracnose. Bulletin of the State Nikitsky Botanical Garden. 2021;141:107-113 (in Russian)]. doi.org/10.36305/0513-1634-2021-141-107-113
13. Методические указания по селекции бахчевых культур. Ленинград: [б. и], 1988. 80 с. [Methodological guidelines for the breeding of melon crops. Leningrad: [n/p], 1988;80 p. (in Russian)].
14. Методические указания по селекции бахчевых культур. Москва: [б. и], 1979. 36 с. [Methodological guidelines for the breeding of melon crops. Moscow: [n/p], 1979;36 p. (in Russian)].
15. Соколов С.Д., Соколов А.С., Бочарников А.Н., Смолинова Н.В., Хуторная Е.В. Гибридное семеноводство бахчевых культур // Проблемы селекции, технологии возделывания и маркетинга овощебахчевых культур: материалы международных научно-практических конференций в рамках I-II фестивалей «Синьор-помидор» и VII-VIII «Российский арбуз», 2008-2009 гг. 2010. С. 224-226. [Sokolov S.D., Sokolov A.S., Bocharnikov A.N., Smolinova N.V., Khutornaya E.V. Hybrid seed production of cucurbit crops. In: Challenges of Breeding, Cultivation Technology, and Marketing of Vegetable and Melon Crops: Proceedings of the International Scientific and Practical Conferences held as part of the I-II "Signor Tomato" and VII-VIII "Russian Watermelon" Festivals (2008-2009, Astrakhan, Russia). Astrakhan: Novaya Liniya. 2010;224-226 (in Russian)].
16. Соколов С.Д., Соколов А.С., Бочарников А.Н., Смолинова Н.В., Хуторная Е.В. Исходный материал и методы создания гетерозисных гибридов F₁ бахчевых культур // Орошаемое овощеводство и бахчеводство в развитии адаптивно-ландшафтных систем юга России: материалы Международной научно-практической конференции. 2012. С. 27-31. [Sokolov S.D., Sokolov A.S., Bocharnikov A.N., Smolinova N.V., Khutornaya E.V. Source material and methods for developing heterotic F₁ hybrids of cucurbit crops. In: Growing vegetable and melon growing in the development of adaptive landscape systems in the south of Russia: materials of the International scientific and practical conference (2012, Astrakhan, Russian). Astrakhan: Russian Academy of Agricultural Sciences, State Scientific Institution All-Russian Research Institute of Irrigated Vegetable and Melon Growing, 2012;27-31 (in Russian)].
17. Солдатенко А.В., Пивоваров В. Ф., Пышная О. Н., Гуркина Л.К., Пинчук Е.В. Селекция и семеноводство овощных культур на инновационный путь развития // Овощи России. 2023. № 1. С. 513. [Soldatenko A.V., Pivovarov V.F., Pyshnaya O.N., Gurkina L.K., Pinchuk E.V. Breeding and seed production of vegetable crops on the innovative path of development. Vegetables of Russia. 2023;1:513 (in Russian)]. doi.org/10.18619/2072-9146-2023-1-5-13
18. Цыбулевский Н.И., Кулиш Е.М., Шевченко Л.А. Бахчевые культуры (рекомендации). Краснодар, 2009. С. 34. [Tsybulevsky N.I., Kulish E.M., Shevchenko L.A. Melon crops (recommendations). Krasnodar, 2009;34 p.(in Russian)].
19. Grumet R., McCreight J.D., McGregor C., Weng Y., Mazourek M., Reitsma K., Labate J., Davis A., Fei Z. Genetic Resources and Vulnerabilities of Major Cucurbit Crops. Genes. 2021;12(8):1222. doi.org/10.3390/genes12081222
20. Longlan X., He Y., Tang L., Xu Y., Zhao G. Genetics, Genomics, and Breeding in Melon. Agronomy. 2022;12(11):2891. doi.org/10.3390/agronomy12112891

21. Oumouloud A., El-Otmani M., Chikh-Rouhou H., Garce's Claver A., Gonza'lez Torres R., Perl-Treves R., A' lvarez J. Breeding melon for resistance to Fusarium wilt: recent developments. *Euphytica*. 2013;192.2:155-169. doi. org/10.1007/s10681-013-0904-4

Виктор Эдуардович Лазько

Ведущий научный сотрудник лаборатории
бахчевых и луковых культур, кандидат
сельскохозяйственных наук
E-mail: lazko62@mail.ru

Екатерина Викторовна Ковалева

Научный сотрудник лаборатории бахчевых и
луковых культур
E-mail: evik22041976@mail.ru

Александра Евгеньевна Мишучкова

Лаборант-исследователь лаборатории бахчевых
и луковых культур
E-mail: sashamishuckova967@gmail.com

Все: ФГБНУ «ФНЦ риса»

350921, г. Краснодар, пос. Белозерный, 3

Victor E. Lazko

Leading researcher of the laboratory of cucurbit and
onion crops, PhD of agricultural sciences
E-mail: lazko62@mail.ru

Ekaterina V. Kovaleva

Research Scientist, laboratory of cucurbit and onion
crops
E-mail: evik22041976@mail.ru

Alexandra E. Mishuchkova

Laboratory research assistant, laboratory of cucurbit
and onion crops
E-mail: sashamishuckova967@gmail.com

All: FSBSI «FSC of rice»

3, Belozerny, Krasnodar, 350921, Russia

**ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПЛОДРОДИЯ ЛУГОВО-БОЛОТНОЙ ПОЧВЫ,
ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ПОД РИС**

Получение информации о современном состоянии почвенного плодородия является важнейшим звеном определения стратегии эксплуатации земель и разработки рекомендаций для снижения или стабилизации негативных почвенных условий. Проведена оценка состояния рисовых собственно аллювиальных лугово-болотных почв. Изучаемые участки располагались на территории рисовой оросительной системы (РОС) ООО «Зерновая компания «Полтавская» Красноармейского района Краснодарского края. Общая обследованная площадь 21,1 га. Проведено почвенное обследование, образцы для аналитического исследования отбирали послойно по почвенному профилю. Рисовые собственно аллювиальные лугово-болотные почвы на данной территории представлены в двух почвенных разностях. Гранулометрический состав изучаемых почв – тяжелосуглинистый и легкоголинистый. По содержанию гумуса лугово-болотные почвы относятся к средне- и высокогумусированным. Тип гумуса – гуматный, обогащен в большей степени гуминовыми кислотами, благоприятный для возделывания риса и сопутствующих культур рисового севооборота. Реакция почвенного раствора – нейтральная в верхнем горизонте, слабо- и среднещелочная – в нижних горизонтах. Выявлены среднесолончаковые почвенные разности, тип засоления – хлоридно-сульфатный. Сумма поглощенных оснований в горизонте 0-20 см составляет 29,38-35,09 мг-экв/100 г. Основная часть поглощенных катионов в изучаемых почвах представлена ионами кальция. Процессов осолонцевания не выявлено. Из-за высокого содержания физической глины в почвах, влияния водно-солевого режима возможно снижение урожайности культур рисового севооборота. Для таких участков требуется оптимизация рисовых севооборотов и постоянный контроль засоления. С целью улучшения структуры почвы и поступления в нее свежего органического вещества, целесообразно применение органических удобрений (навоз), а также возделывание многолетних трав, оставляющих большое количество поукосных остатков.

Ключевые слова: почва, плодородие, гранулометрический состав, гумус, углерод гуминовых кислот и фульвокислот, поглощенные основания, плотный остаток, засоление.

**ASSESSMENT OF THE FERTILITY STATE
OF MEADOW-BOGGY SOIL USED FOR RICE GROWING**

Obtaining information on the current state of soil fertility is crucial for determining land management strategies and developing recommendations for reducing or stabilizing adverse soil conditions. An assessment of the state of rice alluvial meadow-boggy soils was carried out. The study plots were located within the rice irrigation system (RIS) of Poltavskaya Grain Company LLC in the Krasnoarmeysky District of Krasnodar region. The total surveyed area was 21.1 hectares. A soil survey was conducted, and samples for analytical analysis were collected layer by layer along the soil profile. Rice-bearing alluvial meadow-boggy soils in this area are represented by two soil types. The texture of the studied soils is heavy loamy and light clayey. Based on humus content, the meadow-boggy soils are classified as medium- and high-humus. The humus type is humate, enriched largely in humic acids, and favorable for growing rice and associated crops in rice crop rotations. The soil solution reaction is neutral in the upper horizon and slightly to moderately alkaline in the lower horizons. Moderately alkaline soil varieties were identified, with a chloride-sulfate salinity type. The total absorbed bases in the 0-20 cm horizon ranged from 29.38 to 35.09 mg-eq/100 g. Calcium ions accounted for the majority of the absorbed cations in the studied soils. No alkalization processes were detected. Due to the high physical clay content in the soils and the influence of water and salt conditions, yields of rice crops in rice rotations may decrease. Optimization of rice crop rotations and ongoing salinity monitoring are required for such plots. In order to improve the structure of the soil and supply it with fresh organic matter, it is advisable to use organic fertilizers (manure), as well as to cultivate perennial grasses that leave a large amount of mowing residue.

Key words: soil, fertility, particle size distribution, humus, humic and fulvic acid carbon, absorbed bases, solid residue, salinity.

Введение

При использовании почв для возделывания под культуру риса, независимо от условий генезиса, в них начинают происходить определенные изме-

нения. Эти трансформации, прежде всего, обусловливаются формированием особого водного режима, характеризующегося сменой окислительно-восстановительных условий, что вызывает из-

менение процессов почвообразования, протекавших в почве до ее использования в рисосеянии. Таким образом, на данных территориях, под влиянием специфического режима орошения складываются новые подтипы рисовых почв, отличающиеся от исходных по ряду признаков [10].

На территории дельты р. Кубань рисовые почвы представлены в основном такими подтипами, как луговые, лугово-черноземные и аллювиальные лугово-болотные. При этом, в число рисовых лугово-болотных почв входят все подтипы лугово-болотных и болотных почв, используемых под рис. Разделение на подтипы здесь затруднено тем фактом, что их типовые и подтиповые различия, в большинстве случаев были стерты в ходе работ по строительству рисовых оросительных систем и их эксплуатации, прежде всего – в ходе различных планировочных работ [3, 10].

Присутствие аллювиальных лугово-болотных почв в нынешней дельте р. Кубань, как правило, приурочено к наличию аллювиальных пород, характеризующихся тяжелым гранулометрическим составом. Поэтому закономерно, что данные почвы были сформированы на территории, где ранее располагались днища лиманов. Логично, что здесь расположена основная масса низких чеков и оросительных систем, характеризующихся определенными сложностями при сбросе воды [4].

Гумусовый горизонт в таких почвах, составляет, как правило, от 20 до 50 см, однако его количество при этом может варьировать в пределах от 2,5 до 7,0 %, а запасы оцениваются величинами 140–300 т/га. Содержание общих форм азота и фосфора в гумусовом горизонте – 0,25–0,28 и 0,18–0,20 % соответственно. Ниже 20–50 см по всему профилю залегает глеевый горизонт, характеризующийся тяжелым и плотным глинистым составом. Количество физической глины здесь достигает 80–89 %, в то время как в пахотном горизонте – 61–75 % [4, 6].

Характерной естественной особенностью аллювиальных лугово-болотных почв, до использования их в рисоводстве, было присутствие верхнего торфяноподобного горизонта, как следствие накопления органики на дне лиманов. На различных территориях он мог иметь мощность от 0,1 до 1,5 м и характеризовался зольностью около 30 %. В настоящее время, после строительства и длительной эксплуатации рисовых оросительных систем, данный слой, сравнительно малой мощности, практически полностью исчез в ходе процессов минерализации [6, 10].

Значимым положительным фактором для возделывания риса здесь является сходство естественных болотных условий затопления в исходных лугово-болотных почвах и специально формируемого под агротребования риса водного режима. В то же время к числу неблагоприятных для рисосеяния ус-

ловий здесь выделяется крайне низкая водопроницаемость, составляющая 0,001–0,002 м/сут, и, соответственно, малая водоотдача, а также застойный характер минерализованных грунтовых вод [10].

Важно подчеркнуть, что прошлые стадии формирования лугово-болотных почв – их переувлажненность и близкий уровень грунтовых вод – схожи с условиями выращивания риса. Это определило отсутствие существенных изменений в минералогии почв под влиянием возделывания данной культуры.

В подтипе рисовых аллювиальных лугово-болотных почв выделено два рода – обычные и засоленные. Среди засоленных почв преобладают слабосолончаковые и слабосолончаковатые с сульфатным и хлоридно-сульфатным типами засоления. Обеспеченность элементами минерального питания в них средняя. Реакция почвенного раствора варьирует от близкой к нейтральной до среднещелочной. Почвенно-поглощающий комплекс, достигающий 35–41 мг-экв/100 г, на 70 % насыщен кальцием, на 1,0–2,5 % – натрием и более чем на 25 % – магнием [6, 10].

Стоит отметить, что окультуривание почв происходит при реализации требуемых агротехнических и мероприятий, необходимых для сохранения плодородия. Основными из них являются: снижение интенсификации механической обработки и уплотнения; мульчирование почвы различными компонентами, улучшающими ее структуру; применение удобрений; применение научно обоснованных севооборотов и систем земледелия, основанных на адаптивно-ландшафтных принципах [7, 13, 15].

Возделывание риса, как и большинства сельскохозяйственных растений, сопряжено с изменением естественного плодородия почвы [11, 14, 16]. Поэтому, для рационального использования земель важно обладать информацией о его количественных и качественных характеристиках.

Цель исследований

Оценить составляющие плодородия почвенных разностей рисовой собственно аллювиальной лугово-болотной почвы.

Материалы и методы

Исследования проводили на двух почвенных разностях рисовых собственно аллювиальных лугово-болотных почв. Изучаемые участки располагались на территории рисовой оросительной системы (РОС) ООО «Зерновая компания «Полтавская», Красноармейского района, Краснодарского края. Общая площадь под опытом – 21,1 га.

Почвенное обследование проведено с использованием метода почвенных ключей [5]. Образцы для аналитического исследования отбирали по почвенному профилю до глубины 1 м из слоёв 0–20, 20–40, 40–60, 60–80 и 80–100 см. В каждом из них определяли: содержание гумуса по Тюрину в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213–84) [12], грануло-

метрический состав по Качинскому [1], pH потенциометрически, плотный (сухой) остаток водной вытяжки и тип засоления при его наличии, поглощенные основания по Шолленбергеру [2].

Результаты и обсуждение

Морфология почвы практически полностью обусловлена ее гранулометрическим составом. Этот показатель относится к основным агрофизическим характеристикам и учитывается при оценке ее мелиоративного состояния. Гранулометрический состав – одна из самых консервативных почвенных характеристик, однако, соотношение его составляющих может изменяться под воздействием раз-

личных факторов, в течение длительного времени. Поэтому данный показатель важен в процессе изучения происходящих почвенных трансформаций. От его особенностей, в значительной мере, зависят физические, физико-химические, биологические и другие свойства почвы, ее химический состав, режим, а также интенсивность протекания почвенных процессов [8].

Содержание физической глины (частиц размером $>0,01$ мм) в горизонте 0-20 см составляло от 54,26 до 58,20 % и увеличивалось вниз по профилю, достигая 77,01-84,22 % на глубинах 60-100 см. (табл. 1).

Таблица 1. Гранулометрический состав лугово-болотных почв

Наименование почв	Место отбора	Глубина отбора, см	Размер частиц, мм						Физич. глина ($>0,01$ мм)
			1-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	$<0,001$	
Рисовые собственно аллювиальные лугово-болотные тяжелосуглинистые на аллювиальных глинах	к 116 ч. 1-3 (15,8 га)	0-20	0,97	11,04	30,00	8,42	15,38	34,40	58,20
		20-40	0,92	5,51	31,66	7,50	6,44	47,99	61,93
		40-60	0,22	5,83	20,12	11,62	16,00	45,21	72,83
		60-80	0,72	2,64	16,44	12,16	21,02	46,03	80,21
		80-100	0,70	3,03	15,30	13,00	19,66	48,41	81,07
Рисовые собственно аллювиальные лугово-болотные среднесолончаковые тяжелосуглинистые на аллювиальных глинах	к. 117 ч. 2 (5,3 га)	0-20	0,50	22,67	22,56	9,04	12,40	32,82	54,26
		20-40	0,60	19,00	24,02	7,94	11,82	44,82	64,58
		40-60	0,54	26,56	20,68	6,74	12,62	47,88	66,97
		60-80	0,52	4,14	15,14	11,26	19,42	46,33	77,01
		80-100	0,50	2,14	13,14	9,26	22,42	52,54	84,22

Такое содержание ила и коллоидов не способствует рассолению изучаемой почвы, а при утрате оструктуренности может привести к ее заплыванию, ухудшению агрофизических свойств, формированию неблагоприятного окислительно-восстановительного режима с резким преобладанием восстановительных процессов.

Одной из важнейших составных частей почвы, как известно, является гумус. Это один из клю-

чевых показателей, обуславливающих почвенное плодородие. Около 90 % азота почвы концентрируются в составе гумуса. Поэтому способность почвы удовлетворять потребности растений в элементах минерального питания возрастает с повышением ее гумусированности. Количество гумуса в слое 0-20 см характеризовалось незначительными различиями и составляло от 4,56 до 5,13 % (табл. 2).

Таблица 2. Содержание гумуса в лугово-болотных почвах

Наименование почв	Место отбора	Содержание гумуса, %			Отношение C _{ГК} /C _{ФК}		
		глубина отбора, см					
		0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60
Рисовые собственно аллювиальные лугово-болотные тяжелосуглинистые на аллювиальных глинах	к 116 ч. 1- 3 (15,8 га)	4,56	4,26	3,63	2,32	2,21	2,10
Рисовые собственно аллювиальные лугово-болотные среднесолончаковые тяжелосуглинистые на аллювиальных глинах	к. 117 ч. 2 (5,3 га)	5,13	3,67	2,43	2,14	2,02	1,70

По содержанию гумуса изучаемые лугово-болотные почвы относятся к средне- и сильногумусированным.

Отношение гуминовых кислот к фульвокислотам ($C_{ГК}/C_{ФК}$) в слоях 0-20 и 20-40 см составляло 2,14-2,32 и 2,02-2,21 соответственно. Таким образом, гумус здесь имеет гуматный тип. Обогащенный в большей степени гуминовыми кислотами, он созда-

ет благоприятные условия для выращивания риса и сопутствующих культур рисового севооборота.

В то же время, на к. 117 ч. 2 в слое 40-60 см наблюдалось увеличение доли фульвокислот, что обуславливает здесь фульватно-гуматный тип гумуса. Это обусловлено их значительной лабильностью и способностью перемещаться вниз с водными токами.

Величина pH водной вытяжки в слое 0-20 см находилась в пределах 6,08-7,50 и увеличивалась вниз по профилю до 6,74-7,90. Таким образом,

реакция почвенного раствора была нейтральной в верхнем горизонте, слабо-, среднещелочной – в нижних горизонтах (табл. 3).

Таблица 3. Сухой остаток водной вытяжки и реакция почвенного раствора в изучаемых почвах

Наименование почв	Место отбора	Глубина отбора, см	Сухой остаток, %	pH
Рисовые собственно аллювиальные лугово-болотные тяжелосуглинистые на аллювиальных глинах	к 116 ч. 1, 2, 3 (15,8 га)	0-20	0,06	6,93
		20-40	0,12	6,68
		40-60	0,04	6,74
		60-80	0,05	6,54
		80-100	0,04	6,58
Рисовые собственно аллювиальные лугово-болотные среднесолончаковые тяжелосуглинистые на аллювиальных глинах	к. 117 ч. 2 (5,3 га)	0-20	0,089	7,21
		20-40	0,099	7,04
		40-60	0,495	6,96
		60-80	0,564	6,99
		80-100	0,585	6,87

Сухим (плотным) остатком называют общую сумму водорастворимых солей в процентах к весу сухой почвы [9]. Величина сухого остатка является «маркером» засоления почвы.

Плотный остаток в большинстве горизонтов изучаемых почв характеризовался величинами 0,06-0,99 %, что, в соответствии с принятой

классификацией (содержание плотного остатка 0,016-0,160 %), позволяет отнести их к незасоленным почвам.

Вместе с тем, на к 117, ч. 2 с глубины 40 см и ниже по профилю, содержание водорастворимых солей составляло от 0,495 до 0,585 %, что свидетельствует о наличии засоления (табл. 4).

Таблица 4. Состав водной вытяжки рисовых собственно аллювиальных лугово-болотных среднесолончаковых почв

Наименование почвы	Глубина отбора, см	Содержание ионов, мг-экв/100 г							Сумма, %
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	
Рисовые собственно аллювиальные лугово-болотные среднесолончаковые тяжелосуглинистые на аллювиальных глинах, к. 117 ч. 2 (5,3 га)	0-20	0,50 0,010	0,15 0,002	0,33 0,007	0,09 0,003	0,12 0,007	0,60 0,021	0,35 0,016	0,070
	20-40	0,70 0,014	0,30 0,003	0,46 0,010	0,08 0,003	0,22 0,015	0,92 0,022	0,40 0,019	0,086
	40-60	5,30 0,106	1,23 0,014	0,59 0,013	0,19 0,007	0,40 0,021	0,50 0,018	6,40 0,307	0,486
	60-80	6,00 0,120	1,50 0,018	0,74 0,017	0,16 0,006	0,40 0,024	0,75 0,026	7,24 0,337	0,548
	80-100	5,63 0,112	2,23 0,024	0,76 0,017	0,19 0,007	0,97 0,039	0,83 0,029	6,80 0,326	0,554

Засоление – среднесолончаковое, хлоридно-сульфатного типа. Основная доля солей представлена сульфатами – 0,326 %, меньше хлоридов – 0,029 %, немного карбонатов – 0,039 %. На этих почвах возможно снижение урожайности культур рисового севооборота и риса.

Важным свойством почвы является поглощательная способность. С емкостью поглощения катионов связана способность почвы удерживать в об-

менном состоянии катионы, в том числе элементы питания. Они не вымываются из почвенных горизонтов, а, наоборот, аккумулируются и используются растениями. В свою очередь, состав поглощенных оснований оказывает влияние на многие физико-химические и физические свойства почв.

Как показывают данные таблицы 5, сумма поглощенных оснований в горизонте 0-20 см составляла 29,38-35,09 мг-экв/100 г.

Таблица 5. Поглощенные основания лугово-болотной почвы

Наименование почв	Место отбора	Глубина отбора, см.	Поглощенные основания				
			сумма мг-экв./100 г	% от суммы			
				Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺
Рисовые собственно аллювиальные лугово-болотные среднесолончаковые тяжелосуглинистые на аллювиальных глинах	к. 117 ч. 2 (5,3 га)	0-20	40,15	70,08	21,48	4,77	3,67
		20-40	39,15	70,10	21,86	4,44	3,60
		40-60	39,45	69,97	21,30	5,33	3,40
		60-80	33,07	69,91	21,93	5,59	2,57
		80-100	30,73	64,57	27,23	5,55	2,65
Рисовые собственно аллювиальные лугово-болотные тяжелосуглинистые на аллювиальных глинах	к 116 ч. 1-3 (15,8 га)	0-20	34,38	68,28	25,63	3,92	2,17
		20-40	25,38	65,85	28,33	3,72	2,10
		40-60	20,80	63,05	30,77	3,29	2,89
		60-80	20,32	63,34	30,43	3,22	3,01
		80-100	19,25	62,31	31,80	3,01	2,88

Наблюдалось снижение величины данного показателя вниз по профилю. Так, в слоях 40-60, 60-80 и 80-100 см сумма поглощенных оснований составляла 20,80-39,45, 20,32-33,07 и 19,25-30,73 мг-экв/100 г соответственно.

Основная часть поглощенных катионов в изучаемых почвах представлена ионами кальция – 68,28-70,08 % от суммы. Натрия содержится 4,77-3,92 %, что способствует созданию благоприятных физико-химических, физических и других условий для роста и развития растений.

Выводы

1. Исследованные в опыте лугово-болотные почвы характеризовались тяжелосуглинистым и легкоглинистым гранулометрическим составом.
2. По содержанию гумуса изучаемые почвы относятся к средне- и сильногумусированным. Тип гумуса – гуматный.
3. Реакция почвенного раствора нейтральная в горизонте 0-20 см; слабо- и среднещелочная в

нижних горизонтах.

4. На одном из участков выявлены среднесолончаковые почвенные горизонты с содержанием водорастворимых солей от 0,089 до 0,585 %. Тип засоления – хлоридно-сульфатный.

5. Сумма поглощенных оснований в горизонте 0-20 см составляла 29,38-35,09 мг-экв/100 г. Основная часть поглощенных катионов в изучаемых почвах представлена ионами кальция. Признаков осолонцевания не обнаружено.

6. Из-за высокого содержания в почве физической глины и влияния водно-солевого режима возможно снижение урожайности культур рисового севооборота. Для таких участков требуется оптимизация рисовых севооборотов и постоянный контроль засоления. Для улучшения структуры почвы и поступления в нее свежего органического вещества целесообразно применение органических удобрений (навоза), а также возделывание многолетних трав, оставляющих большое количество поукосных остатков.

Литература/References

1. Агрофизические методы исследования почв / М.: Наука, 1966. 260 с. [Agrophysical Methods of Soil Research / Moscow: Nauka, 1966;260 p. (in Russian)].
2. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во МГУ, 1970. 488 с. [Arinushkina E.V. Handbook of Chemical Analysis of Soils. Moscow: Moscow State University Publishing House, 1970;488 p. (in Russian)].
3. Блажний Е.С. Почвы дельты реки Кубани и прилегающих пространств (их свойства, происхождение и пути рационального использования). Краснодар: Краснодарское книжное изд-во, 1971. 276 с. [Blazhnyi E.S. Soils of the Kuban River Delta and Adjacent Areas (Their Properties, Origin, and Ways of Rational Use). Krasnodar: Krasnodar Book Publishing House, 1971;276 p. (in Russian)].
4. Белюченко И.С. Экология Краснодарского края (Региональная экология). Учебное пособие. Краснодар: ФГОУ ВПО «Кубанский ГАУ», 2010. 356 с. [Belyuchenko I.S. Ecology of Krasnodar Region (Regional Ecology). Study Guide. Krasnodar: Federal State Educational Institution of Higher Professional Education "Kuban State Agrarian University", 2010;356 p.(in Russian)].
5. Буданцев П.Б. Методика крупномасштабного картографирования почв. Воронеж: ВГАУ, 2007. 75 с. [Budantsev P.B. Methodology of large-scale soil mapping. Voronezh: VSTU, 2007;75 p. (in Russian)].
6. Вальков В.Ф., Штомпель Ю.А., Трубилин И.Т., Котляров Н.С., Соляник Г.М. Почвы Краснодарского края, их использование и охрана. Ростов на Дону: изд-во СКНЦ ВШ, 1996. 192 с. [Valkov V.F., Shtompel Yu.A., Trubilin I.T., Kotlyarov N.S., Solyanik G.M. Soils of Krasnodar Region, their use and protection. Rostov-on-Don: Publishing House of SKNC HSh, 1996;192 p. (in Russian)].
7. Гергель И.А. Агроэкологическая оценка земель рисовых мелиоративных агроландшафтов на примере рисовых хозяйств Краснодарского края // Рисоводство. 2016. № 1-2. С. 50-55. [Gergel I.A. Agroecological assessment of rice lands in meliorative agrolandscapes using the example of rice farms in Krasnodar region. Rice growing. 2016;1-2:50-55. (in Russian)].

8. Муралев С.Г. Агропроизводственное значение гранулометрического состава почв и его использование в оценке качества сельскохозяйственных земель: автореф. на соиск. ученой степ. канд. с.-х. наук: 03.02.13: – почвоведение М., 2011. 16 с. [Muralev S.G. Agro-industrial significance of soil particle size distribution and its use in assessing the quality of agricultural lands: Abstract of a PhD thesis in agricultural sciences: 03.02.13: – soil science Moscow, 2011;16 p. (in Russian)].
9. Науменко В.П. Почвоведение: лаб. Практикум. Новочеркасск, 2008. 63 с. [Naumenko V.P. Soil science: lab. workshop. Novocherkassk, 2008;63 p. (in Russian)].
10. Система рисоводства Российской Федерации / ФГБНУ «ФНЦ риса»; под. ред. С.В. Гаркуши. Краснодар: Просвещение-Юг, 2022. 368 с. [Rice growing system of the Russian Federation / Federal Scientific Rice Centre, under editorship of S.V. Garkusha. Krasnodar: Prosveshenie-Yug, 2022;368 p. (in Russian)].
11. Уджуху А.Ч., Шашченко В.Ф. Регулирование почвенного плодородия в рисовых севооборотах. Краснодар: Краснодарское книжное издательство, 2003. 192 с.[Udzhukhu A.Ch., Shashchenko V.F. Regulation of soil fertility in rice crop rotations. Krasnodar: Krasnodar Book Publishing House, 2003;192 p. (in Russian)].
12. Шеуджен А.Х., Бондарева Т.Н., Гуторова О.А. Руководство к практическим занятиям по экспериментальной агрохимии: учебное пособие. Майкоп: АО «Полиграф-ЮГ», 2024. 800 с. [Sheudzhen A.H., Bondareva T.N., Gutorova O.A. A guide to practical exercises in experimental agrochemistry: a textbook. Maikop: JSC "Polygraph-YUG", 2024; 800 p. (in Russian)].
13. Doberman A., Fairhurst T.H. Rice: Nutrient Disorders Nutrient Management. Manila: IRRI, 2000;192 p.
14. Eremin D.I. Changes in the content and quality of humus in leached chernozems of the Trans-Ural forest-steppe zone under the impact of their agricultural use. *Eurasian soil science*. 2016;49.5:538-545. doi: 10.1134/S1064229316050033
15. Maruyama K. Breeding for high yielding rice cultivars in Japan. *Tropical agriculture research ser.* 1988;21:277.
16. Schneider C. Social capital and sustainable development. *Global Environmental Change*. 2007;6(4):1335-1372.

Ирина Анатольевна Гергель

Научный сотрудник лаборатории земледелия
E-mail: merirka@mail.ru

Irina Anatolyevna Gergel

Researcher at the Agriculture Laboratory
E-mail: merirka@mail.ru

Виктор Викторович Гергель

Младший научный сотрудник лаборатории
земледелия
E-mail: merirka@mail.ru

Victor Viktorovich Gergel

Junior Researcher at the Agriculture Laboratory
E-mail: merirka@mail.ru

ФГБНУ «ФНЦ риса»

350921, Россия, Краснодар, Белозерный,3
E-mail: arri_kub@mail.ru

FSBSI «FSC of rice»

3, Belozerny, Krasnodar, 350921, Russia
E-mail: arri_kub@mail.ru

DOI 10.33775/1684-2464-2026-70-1-67-73
УДК 631.41:631.445.1:630*116.24

Чевердин Ю. И., д-р биол. наук,
Беспалов В. А., канд. биол. наук
Воронежская обл., Россия

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СОЛЕВОГО ПРОФИЛЯ ЧЕРНОЗЕМНЫХ ПОЧВ КАМЕННОЙ СТЕПИ ПОД РАЗЛИЧНЫМИ ПО УВЛАЖНЕННОСТИ КОМПОНЕНТАМИ АГРОЛАНДШАФТА

Представлены результаты проведенных в 2025 г. исследований по изучению состояния засоленности в комплексе черноземных почв различного увлажнения в современных условиях. Цель исследований – изучить особенности современного соленакопления в черноземных почвах Воронежской области (Каменная Степь) различного увлажнения в условиях прогрессирующего влияния агролесомелиоративного комплекса. Для оценки степени засоленности заложен ключевой участок в пределах землепользования станции «Каменная Степь» (Воронежский ФАНЦ им. В. В. Докучаева). Объектами исследований служили смежно расположенные лесная полоса №138 возрастом 60 лет, косимая залежь 1885 года заповедника №2, подвергающаяся сезонному переувлажнению, гидроморфная пашня и пахотный участок, находящийся на протяжении 30 лет под орошением, а теперь выведенный из него. Почвенные образцы отбирались из скважин ручного бурения по горизонтам почвы до глубины 200 см через каждые 10 см. Была наложена регулярная сетка из 56 скважин с длиной ячейки 25 м. В каждой скважине были определены генетические горизонты, тип почвы, проведено морфологическое описание почв. В водной вытяжке определяли общее содержание и качественный состав легкорастворимых солей, в пасте – активность ионов натрия. Полученные данные обрабатывались различными статистическими методами. Для наглядного отображения содержания солей по почвенному профилю была построена пространственная модель изменения засоленности вдоль объектов исследования с учетом влияния лесной полосы. Установлено формирование засоленных горизонтов на глубине ниже 170 см. Более высокая степень концентрации солей выявлена в центре лесной полосы и достигает значений 50 ммоль/л, что соответствует градации среднего засоления почвы. При удалении от лесной полосы концентрация солей резко снижается.

Ключевые слова: Каменная Степь, лесная полоса, пашня, залежь, солевой профиль, натрий.

FEATURES OF THE FORMATION OF THE SALT PROFILE OF CHERNOZEM SOILS OF THE KAMENNAYA STEPPE UNDER AGROLANDSCAPE COMPONENTS WITH VARIOUS MOISTURE CONTENT

The results of a 2025 study examining the salinity status of a complex of chernozem soils with varying moisture content under modern conditions are presented. The objective of the study was to investigate the characteristics of modern salt accumulation in chernozem soils of the Voronezh Region (Kamennaya Steppe) with varying moisture content under the progressive influence of agroforestry. To assess the degree of salinity, a key plot was established within the land use boundaries of the Kamennaya Steppe research station (Voronezh Federal Agricultural Scientific Centre named after V.V. Dokuchaev). The study sites included adjacent 60-year-old forest belt No. 138, a mown fallow land dating back to 1885 in Nature Reserve No. 2, which is subject to seasonal waterlogging, a hydromorphic arable land, and an arable plot that had been irrigated for 30 years and has now been withdrawn from irrigation. Soil samples were collected from hand-drilled boreholes along soil horizons to a depth of 200 cm, spaced every 10 cm. A regular grid of 56 boreholes with a cell length of 25 m was created. In each borehole, genetic horizons and soil type were determined, and a morphological description of the soils was performed. The total content and qualitative composition of readily soluble salts were determined in the aqueous extract, and sodium ion activity was determined in the paste. The obtained data were processed using various statistical methods. To visually depict salt content across the soil profile, a spatial model of salinity changes along the study sites was constructed, taking into account the influence of the forest belt. The formation of saline horizons was established at a depth below 170 cm. Higher salt concentrations were found in the center of the forest belt, reaching values of 50 mmol/L, corresponding to the gradation of moderate soil salinity. With distance from the forest belt, salt concentrations decrease sharply.

Key words: Kamennaya Steppe, forest belt, arable land, deposit, salt profile, sodium.

Введение

В Европейской части России в последнее столетие шло интенсивное агрогенное воздействие на исходно степные природные ландшафты, включающее в себя большой комплекс различных приемов, в том числе посадку лесных полос различного назначения [4, 10, 16]. Под действием агролесомелиоратив-

ного комплекса происходит изменение гидрологического режима современных ландшафтов [5, 19]. К тому же, в последнее время отмечены серьезные отклонения от среднемноголетних значений основных гидротермических показателей, таких как температурный режим и количество выпавших осадков [2, 3, 15, 21]. По результатам исследований послед-

них десятилетий установлено, что выпадение количества осадков выше среднееголетних значений ведет к изменению свойств и характеристик почвенного покрова, увеличению локального проявления и усиления признаков гидроморфизма [8, 9, 11, 12]. В результате отмечается эволюция почвенного покрова, усиление его пестроты, проявление новых морфогенетических особенностей, которые в более ранних исследованиях не были отмечены [6].

Совместное влияние агролесомелиоративного комплекса и изменчивости гидрологического режима приводит к изменению направленности геохимических процессов в почвенном профиле [1]. Отмечается изменение состава грунтовых вод, что влияет на степень и характер засоленности почвенного покрова. В связи с этим происходит дифференциация состояния древесных культур на различных компонентах ландшафта [14]. Исследованиями, проведенными в Каменной Степи, установлено постепенное повышение уровня грунтовых вод за последние семьдесят лет. При этом за данный период не только увеличилась почти в два раза минерализация почвенно-грунтовых вод, но и изменился химизм их засоления – с хлоридно-сульфатного на гидрокарбонатно-сульфатный в настоящее время [13]. Необходимо следить за наличием в составе грунтовых вод натрия, который может пагубно влиять на состояние растений в виду образования агрессивных содовых растворов [17, 18, 20]. В связи с этим необходима комплексная оценка современного состояния различных подтипов черноземных почв под влиянием агрогенного и агролесомелиоративного комплексов на фоне изменяющихся гидротермических условий, а так же изучение взаимосвязи солевых характери-

стик почв и основных показателей плодородия.

Цель исследований

Изучить особенности современного соленакопления в черноземных почвах Воронежской области (Каменная Степь) различного увлажнения в условиях прогрессирующего влияния агролесомелиоративного комплекса.

Материалы и методы

В 2025 г. были проведены исследования по изучению состояния засоленности в комплексе черноземных почв различного увлажнения. Место исследования – Каменная Степь (Воронежская область). Объекты: лесная полоса на водоразделе № 138, смежная с ней косиная залежь 1885 года заповедника № 2, пахотные участки, примыкающие непосредственно к лесной полосе и участку залежи косимой (рис. 1). Лесная полоса № 138 посажена в 1951-1952 гг. Автор – Zubovich N.F. Длина - 1275 м, ширина - 38 м. Направление - с севера на юг. До 2010 г. древостой был представлен по следующей схеме: 5Б4Д1Ко+Т. В настоящее время, после засухи 2010 г., отмечена практически полная гибель березы.

Пахотный участок, смежный с лесной полосой № 138 с восточной стороны, интересен своей историей. На протяжении более 30 лет он использовался в качестве орошаемого участка с возделыванием на нем кормовых культур. Пашня, прилегающая с западной стороны к залежи, характеризуется проявлением сезонного переувлажнения в ранневесенний период. В свою очередь, почвенный покров залежи представлен комплексом черноземно-луговых и лугово-черноземных почв, характеризующихся различной таксономической принадлежностью и отличительными морфогенетическими особенностями (рис. 1).



Рисунок 1. Космоснимок расположения опытного участка

Почвенные образцы отбирали из скважин ручного бурения по горизонтам почвы до глубины 200 см через каждые 10 см. Была наложена регулярная сетка из 56 скважин с длиной ячейки 25 м. В каждой скважине были определены генетические го-

ризонты, тип почвы, проведено морфологическое описание почв. В водной вытяжке определяли общее содержание и качественный состав легко-растворимых солей, в пасте – активность ионов натрия [1, 7]. Полученные данные обрабатывали

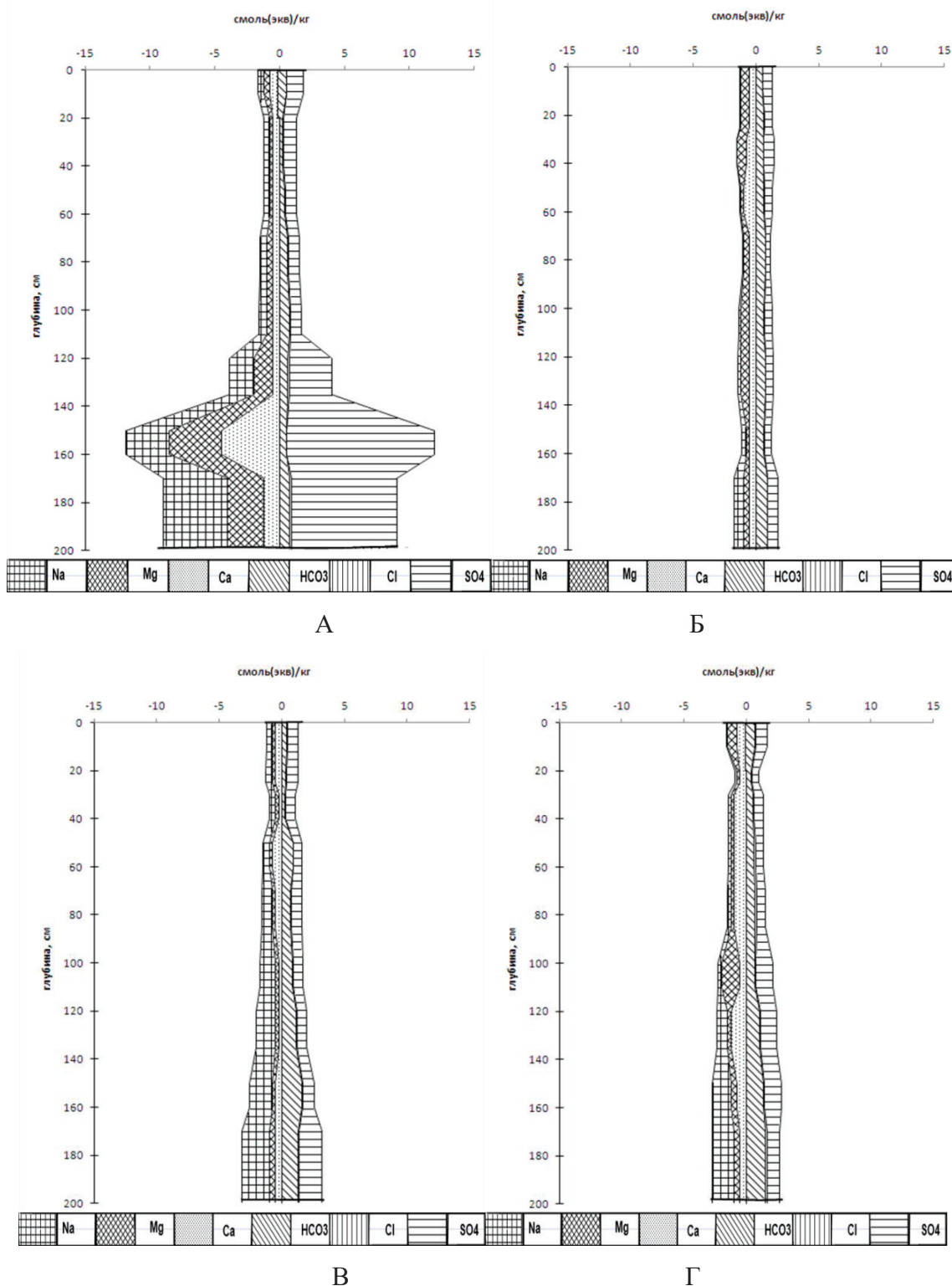


Рисунок 2. Солевые профили по результатам водной вытяжки, А – почва под лесной полосой, Б – автоморфная пашня, В – залежь (вблизи узкой лесной полосы), Г – залежь (в 50 м от широкой лесной полосы)

различными статистическими методами.

Результаты и обсуждение

В 2025 г. изучены особенности современного соленакпления в черноземных почвах Воронежской области (Каменная Степь) различного увлажнения в условиях прогрессирующего влияния агролесомелиоративного комплекса. Были проанализированы солевые профили под различными компонентами агролесоландшафта. Оценку проводили по составу водной вытяжки и содержанию иона натрия.

На всех изучаемых объектах были выявлены различия в формировании солевого профиля, который зависел от увлажненности участка и особенностей влияния лесной полосы (рис. 2). Под лесной полосой сформировался засоленный почвенный горизонт, который растянулся с глубины 120 до 200 см. Максимальное содержание солей отмечено на глубине 150-160 см. В пределах первого метра почвы характеризуются как незасоленные. По степени засоления почвенные горизонты, расположенные ниже 120 см, имеют слабую и среднюю степень засоления. Профиль почв на пашне характеризуются как незасоленный, на залежи достигает уровня слабого засоления к глубине 200 см.

Солевой профиль под постмелиоративной пашней равномерный по всей глубине. Здесь в максимальной степени проявилась буферность черноземных почв по восстановлению свойств после выведения пашни из режима орошения. Тип засо-

ления почвенного профиля – сульфатно-гидрокарбонатный. Распределение солей вниз по почвенному профилю на залежи немного отличается от пашни. И вблизи узкой лесной полосы, и при удалении на 50 м от широкой лесной полосы с глубины 120 см идет постепенное увеличение концентрации солей, достигающее максимальных значений на глубине 200 см. Но при этом достигается градиация лишь слабой степени засоления по наличию токсичных солей.

Так же определяли концентрацию ионов натрия ион-селективным методом вдоль изучаемого почвенного профиля на всех исследуемых объектах (рис. 3). Верхние горизонты почв всех изучаемых объектов до глубины 120 см оказались незасоленными, так как активность натрия не превышала $0,83 \pm 0,08$ ммоль/л. Далее отмечаем профильное увеличение концентрации солей натрия с глубиной на всех объектах, но с разной интенсивностью. По мере удаления от опушек лесной полосы к центру концентрация солей натрия увеличивается, достигая максимального значения 50 ммоль/л на глубине 170-200 см. Этот горизонт уже можно классифицировать как средnezасоленный по натрию. Содержание натрия под гидроморфной пашней с глубиной постепенно нарастает, в отличие от постмелиоративной пашни, где содержание солей натрия вдоль всего почвенного профиля практически неизменно.

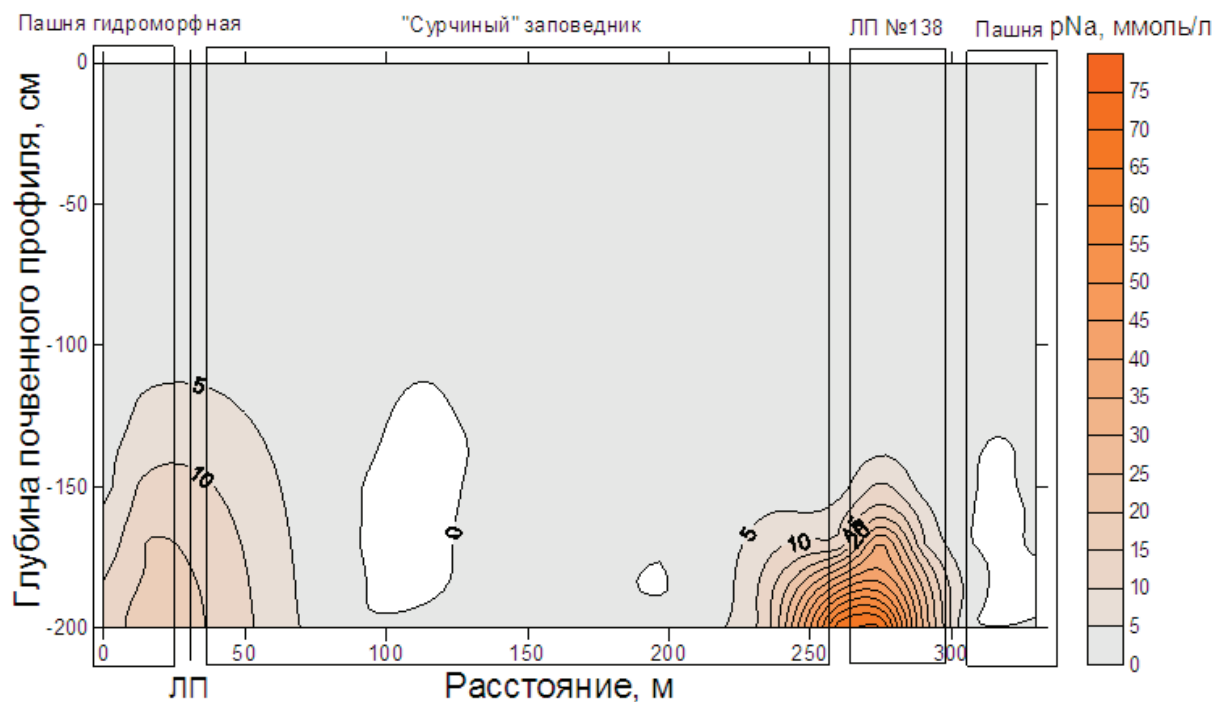


Рисунок 3. Двумерное распределение ионов натрия вниз по профилю почвы, 2024 г.

Построена пространственная модель двумерного распределения засоленности по натрию для наиболее засоленного горизонта 170-200 см (рис. 4). Анализируя картограмму, выделяли аре-

алы с различной засоленностью натрием. Минимальные значения отмечены на автоморфной пашне и центральной части косимой залежи, которые не подвергались сезонному переувлажнению. Под

гидроморфной пашней отмечена легкая степень засоления натрием. Под лесной полосой выявлены ареалы с повышенным содержанием солей натрия, достигающим концентрации 50 ммоль/л. Такой го-

ризонт можно классифицировать как средnezасоленный по натрию. Содержание солей натрия заметно снижается при движении от центра лесной полосы к опушкам.

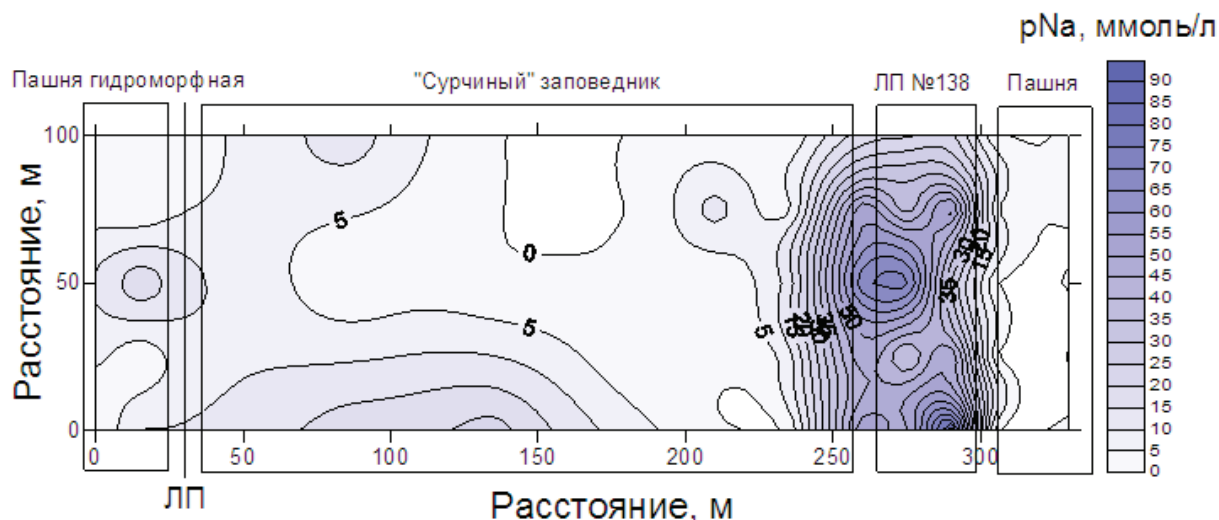


Рисунок 4. Содержание ионов натрия (а) на глубине 170-200 см на объектах исследования (ммоль/л)

Визуальное отображение изменения концентрации солей натрия на глубине 170-200 см вдоль изучаемых объектов представлено на графике, где можно проследить (рис. 5). По нему можно проследить практически неизменное содержание солей натрия вдоль заповедника. Да-

лее идет нарастание его содержания при приближении к опушке лесной полосы. Пик максимума расположен в центре лесной полосы. При движении к опушке и далее к постмелиоративной пашне отмечаем резкое снижение содержания солей натрия.

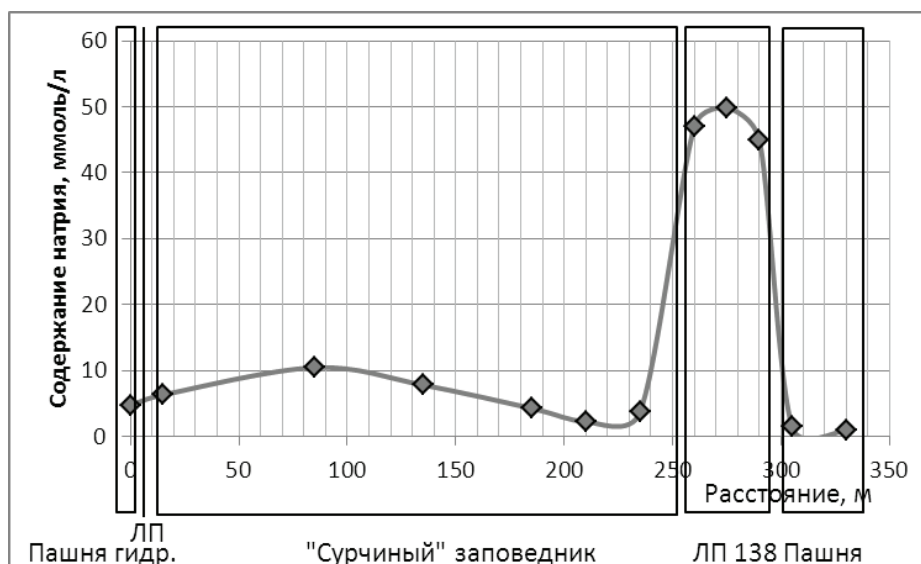


Рисунок 5. Содержание солей натрия в наиболее засоленном почвенном горизонте (глубина 170-200 см) вдоль изучаемых объектов (ммоль/л)

Выводы

На всех изучаемых объектах были выявлены различия в формировании солевого профиля, который различался и зависел от увлажненности участка и особенностей влияния лесной полосы. Под лесной полосой сформировался горизонт с признаками за-

соления, залегающий на глубине 120-200 см. Максимальное содержание солей отмечено на глубине 150-160 см. В пределах первого метра почвы характеризуются как незасоленные. По степени засоления почвенные горизонты, расположенные ниже 120 см, имеют слабую и среднюю степень концен-

трации солей. Профиль почв на пашне характеризуется как незасоленный, на залежи достигает степени слабого засоления к глубине 200 см.

Отмечено профильное увеличение концентрации солей натрия с глубиной на всех объектах, но с разной интенсивностью. По мере удаления от опушек лесной полосы к центру поля концентрация солей увеличивается, достигая максимального значения 50 ммоль/л на глубине 170-200 см. Дан-

ный горизонт классифицируется как средnezасо- лённый по содержанию натрия.

Проведена сравнительная оценка накопления солей в почвенном профиле и их пространственной изменчивости при различных режимах увлажнения (автоморфном — без влияния грунтовых вод, гидроморфном — с близким залеганием грунтовых вод), а также в зависимости от ландшафтной принадлежности исследуемых объектов.

Литература/References

1. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во МГУ, 1970, 488 с. [Arinushkina E.V. Handbook of Chemical Analysis of Soils. M.: Izd-vo MGU, 1970;488 p. (in Russian)].
2. Базыкина Г.С., Бойко О.С. Влияние аномальных погодных условий последних десятилетий на водный режим типичных черноземов заповедной степи (Курская область) // *Почвоведение*. 2008. № 7. С. 833-844. [Bazykina G.S., Boyko O.S. The influence of abnormal weather conditions of recent decades on the water regime of typical chernozems of the protected steppe (Kursk region). *Eurasian Soil Science*. 2008;7:833-844 (in Russian)].
3. Базыкина Г.С., Овечкин С.В. Влияние цикличности климата на водный режим и карбонатный профиль черноземов центра Европейской части России и сопредельных территорий // *Почвоведение*. 2016. № 4. С. 475-488. [Bazykina G.S., Ovechkin S.V. The influence of climate cyclicity on the water regime and carbonate profile of chernozems in the center of the European part of Russia and adjacent territories. *Eurasian Soil Science*. 2016;4:475-488 (in Russian)]. <https://doi.org/10.7868/S0032180X1604002X>
4. Васильченко Н.И., Звягин Г.А., Петрова А.А. Влияние полевых защитных лесополос на основные показатели плодородия черноземов южных Северного Казахстана // *Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева*. 2020. № 1 (45). С. 9-15. [Vasilchenko N.I., Zvyagin G.A., Petrova A.A. The influence of shelter belts on the basic indicators of fertility of southern chernozems in Northern Kazakhstan // *Bulletin of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev*. 2020;1(45):9-15 (in Russian)]. <https://doi.org/10.36508/RSATU.2020.45.1.002>
5. Каргин В.И., Чегодаева Н.Д., Каргин И.Ф. Влияние полевых защитных лесных полос на водный режим выщелоченного чернозема // *Почвоведение*. 2004. № 10. С. 1179-1187. [Kargin V.I., Chegodaeva N.D., Kargin I.F. The influence of forest shelterbelts on the water regime of leached chernozem. *Eurasian Soil Science*. 2004;10:1179-1187 (in Russian)]
6. Лебедева И.И., Базыкина Г.С., Гребенников А.М., Чевердин Ю.И., Беспалов В.А. Опыт комплексной оценки влияния длительности земледельческого использования на свойства и режимы агрочерноземов Каменной Степи // *Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева*. 2016. № 83. С. 77-102. [Lebedeva I.I., Bazykina G.S., Grebennikov A.M., Cheverdin Yu.I., Bepalov V.A. Experience of a comprehensive assessment of the impact of the duration of agricultural use on the properties and regimes of agrochernozems of the Kamennaya Steppe. *Dokuchaev Soil Bulletin*. 2016;83:77-102 (in Russian)]. <https://doi.org/10.19047/0136-1694-2016-83-77-102>
7. Манжина С.А. К вопросу выявления химизма и степени засоления почв: российские и зарубежные практики // *Мелиорация и гидротехника*. 2021. Т. 11, № 3. С. 163–181. [Manzhina S.A. On the issue of chemical mechanism and soil salinity degree determination: Russian and foreign practices. *Land Reclamation and Hydraulic Engineering*. 2021;11,3:163-181 (in Russian)]. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2021-11-3-163-181>
8. Назаренко О.Г. Современные процессы развития локальных гидроморфных комплексов в степных агроландшафтах: автореф. дис. ... д. б. н., М., 2002. 46 с. [Nazarenko, O.G. Modern processes of development of local hydromorphic complexes in steppe agrolandscapes: Abstract of Dr. thesis. M., 2002;46 p. (in Russian)].
9. Разумова Н.В., Разумов В.В., Молчанов Э.Н. Переувлажнение и подтопление почв и земель в Центральном регионе России // *Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева*. 2016. № 82. С. 3-27. [Razumova N.V., Razumov V.V., Molchanov E.N. Waterlogging and flooding of soils and lands in the Central region of Russia. *Dokuchaev Soil Bulletin*. 2016;82:3-27 (in Russian)]. <https://doi.org/10.19047/0136-1694-2016-82-3-27>
10. Турусов В.И., Чевердин Ю.И., Беспалов В.А., Титова Т.В. Изменения физических свойств черноземов сегрегационных в агролесоландшафтах Центрального Черноземья // *Изв. вузов. Лесн. журн.* 2020. № 4. С. 95–112. [Turusov V.I., Cheverdin Yu.I., Bepalov V.A., Titova T.V. Changes in the physical properties of segregation chernozems in agroforest landscapes of the Central Chernozem Region. *Lesnoy Zhurnal (Russian Forestry Journal)* 2020;4:95–112 (in Russian)]. <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2020-4-95-112>
11. Хамерзочкова Р.Ю. Подтопление и переувлажнение земель как фактор снижения плодородия сельскохозяйственных угодий и деградации почв Республики Адыгея // *Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4: Естественно-математические и технические науки*. 2013. № 1 (116). С. 54-57. [Khamerzokova R. Yu. Flooding and waterlogging of lands as a factor in reducing the fertility of agricultural lands and soil degradation in the Republic of Adyghe. *Bulletin of Adyghe State University. Series 4: Natural, Mathematical, and Technical Sciences*. 2013;1 (116):54–57 (in Russian)].
12. Хитров Н.Б. Теоретические и методические основы предотвращения переувлажнения почв, подтопления и заболачивания земель // *Научные основы предотвращения деградации почв (земель) сельскохозяйственных угодий России и формирования систем воспроизводства их плодородия в адаптивно-ландшафтном земледелии*. 2013. С. 134-212. [Khitrov N. B. Theoretical and methodological foundations for preventing waterlogging of soils, flooding and swamping of lands. *Scientific foundations for preventing soil (land) degradation in agricultural lands in Russia and the formation of systems for reproducing their fertility in adaptive landscape agriculture*. Moscow, 2013;134-212 (in Russian)].

13. Чевердин Ю.И., Беспалов В.А., Титова Т.В. Особенности формирования солевого профиля сезонно переувлажненных почв Каменной Степи // *Агрохимия*. 2022. № 11. С. 13-25. [Cheverdin Yu.I., Besspalov V.A., Titova T.V. Features of the formation of the salt profile of seasonally waterlogged soils of the Kamennaya Steppe. *Agrochemistry*. 2022;11:13-25 (in Russian)]. <https://doi.org/10.31857/S0002188122110047>
14. Чевердин Ю.И. Лесные полосы как фактор изменения засоленности черноземов юго-востока ЦЧЗ // *Journal of Agriculture and Environment*. 2024. № 2(42). [Cheverdin Yu.I. Forest belts as a factor in changing the salinity of chernozems in the southeast of the Central Chernozem Region. *Journal of Agriculture and Environment*. 2024;2(42) (in Russian)]. <https://doi.org/10.23649/JAE.2024.42.1>
15. Чуян О.Г., Глазунов Г.П., Караулова Л.Н., Митрохина О.А., Афонченко Н.В., Золотухин А.Н., Двойных В.В. Оценка роли климатических, почвенных и агротехнических факторов в формировании ресурсов продуктивности агроландшафтов Центрального Черноземья // *Метеорология и гидрология*. 2022. № 6. С. 79-87. [Chuyan O.G., Glazunov G.P., Karaulova L.N., Mitrokhina O.A., Afonchenko N.V., Zolotukhin A.N., Dvoynikh V.V. Assessing a role of climatic, soil, and agrotechnical factors in the formation of landscape productivity resources in the Central Chernozem region. *Meteorology and hydrology*. 2022;6:79-87 (in Russian)]. <https://doi.org/10.52002/0130-2906-2022-6-79-87>
16. Chendev Yu.G., Novykh L.L., Sauer T.J. Evolution of Soil Carbon Storage and Morphometric Properties of Afforested Soils in the U.S Great Plains. *Soil Carbon. Progress in Soil Science*. 2014:475–482. https://doi.org/10.1007 /978-3-319-04084-4_47
17. Li X. J. The alkali-saline land and agricultural sustainable development of the Western songnen plain in China. *Sci. Geogr. Sin*. 2000;20:51–55.
18. Lu J. L., Shen G., Wang Q., Pei Z. X., Ren M. L. Larch, ash, Scots pine, and farmland-induced differences on 17 soil parameters and their comprehensive analyses. *Acta Ecol. Sin*. 2017;37:1–10. <https://doi.org/10.1016/j.chnaes.2016.09.003>
19. Proezdov P., Eskov D., Mashtakov D., Rozanov A., Eskov D., Mashtakov D., Rozanov A. Influence Pattern of forest strip complex and mulched par plowing in crop rotations on erosion in the Volga region steppe. *Proceedings of the Ecological-Socio-Economik Systems: Models of Competition and Cooperation*. 2020;319 – 322.
20. Wang W. J., Lu J. L., Du H. J., Wei C. H., Wang H. M., Fu Y. Ranking thirteen tree species based on their impact on soil physiochemical properties, soil fertility, and carbon sequestration in Northeastern China. *Forest Ecol. Manage*. 2017;404:214–229. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.08.047>
21. Wu Y., Wang Q., Wang H. Shelterbelt poplar forests induced soil changes in deep soil profiles and climates contributed their inter-site variations in dryland regions, northeastern China. *Frontiers in Plant Science*. 2019;10:220. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00220>

Юрий Иванович Чевердин

Главный научный сотрудник
отдела агропочвоведения
E-mail: cheverdin62@mail.ru

Cheverdin Yuriy Ivanovich

Chief Researcher at the Department of
Agro-Soil Science
E-mail: cheverdin62@mail.ru

Владимир Алексеевич Беспалов

Ведущий научный сотрудник
отдела агропочвоведения
E-mail: vabespalov@bk.ru

Vladimir Alekseevich Besspalov

Leading Researcher at the Department of
Agro-Soil Science
E-mail: vabespalov@bk.ru

Все: ФГБНУ «Воронежский ФАНЦ
имени В.В. Докучаева»
397463, Воронежская область,
Таловский район, пос. 2-го участка
Института им. Докучаева, кварт. 5, д. 81

All: Voronezh Federal Agricultural Scientific
Centre named after V.V. Dokuchaev
d. 81, quart. 5, POS 2 division of the Institute Dokuchaev,
Talovsky district, Voronezh region, 397463, Russia

DOI 10.33775/1684-2464-2026-70-1-74-80
УДК 633.321:631.821:631.81:631.445.2

Эседуллаев С. Т., канд. с.-х. наук
г. Иваново, Россия

РЕАКЦИЯ РАЗЛИЧНЫХ ПО СПЕЛОСТИ СОРТОВ КЛЕВЕРА ЛУГОВОГО НА ИЗВЕСТКОВАНИЕ И СТАРТОВЫЕ ДОЗЫ МИНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕНИЯ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ ВЕРХНЕВОЛЖЬЯ

В 2021–2023 гг. исследовали реакцию сортотипов клевера лугового («Солигаличский» — одноукосный, «Дымковский» — двуукосный) на известкование и стартовые дозы минерального удобрения, изучали в одновидовых и смешанных посевах (с тимофеевкой луговой) на дерново-подзолистой почве (легкосуглинистой, среднеокультуренной) при трёх фонах питания: без удобрений, известь – 4 т/га и известь + (NPK)₃₀ и при двух способах посева – под покров овса и беспокровно. В результате исследований установлено, что внесение извести увеличило урожайность зеленой массы на 7,6, сухого вещества – на 7,2, кормовых единиц – на 6,2, переваримого протеина – на 8,6 % при беспокровном посеве и на 4,5, 3,1, 0,4 и 0,9 % при посеве под покров овса соответственно. Внесение стартового минерального удобрения сильнее повлияло на продуктивность сортов клевера при посеве под покров овса, чем при беспокровном посеве. Урожайность зеленой массы возросла на 7,02 %, сухого вещества на – 7,78, кормовых единиц – на 7,94, переваримого протеина – на 11,4 %. Максимальные сборы кормовых единиц и переваримого протеина обеспечил сорт Дымковский на фоне извести как в оди-нарном, так и в смешанном посеве. Обеспеченность кормовой единицы переваримым протеином была выше нормативной во всех изученных вариантах. При беспокровном посеве в среднем сорта клевера накапливали 7,45 т/га УКО (укосные корневые остатки), 119 кг/га общего и 96,4 кг/га симбиотического азота, при посеве под покров овса – несколько больше соответственно 7,94, 136 и 112. Известкование увеличило количество УКО на 21,6 %, общего азота – на 19,8, симбиотического – на 49,6 % по сравнению с контролем. Стартовая доза минерального удобрения повысила аккумуляцию УКО и общего азота более чем в два раза по сравнению с известкованным фоном и не оказала влияния на накопление симбиотического азота. Двуукосный клевер Дымковский и его смеси оставляли в почве больше органических остатков и азота как общего, так и симбиотического, чем одноукосный.

Ключевые слова: клевер луговой, тип спелости, известкование, стартовая доза, минеральное удобрение, кормовая ценность, плодородие почвы.

REACTION OF MEADOW CLOVER VARIETIES OF DIFFERENT MATURITY TO LIMING AND START DOSES OF MINERAL FERTILIZER ON SOD-PODZOLIC SOILS OF THE UPPER VOLGA REGION

In 2021–2023, the response of meadow clover varieties ('Soligalichsky' - single-cut, 'Dymkovskiy' - double-cut) to liming and starting doses of mineral fertilizer was studied. The results were examined in single-species and mixed crops (with meadow timothy) on sod-podzolic soil (light loamy, moderately cultivated) under three nutrient backgrounds: no fertilizers, lime 4 t/ha, and lime + (NPK)₃₀ and using two sowing methods: under oat cover and without cover. As a result of the research, it was found that the application of lime increased the yield of green mass by 7.6, dry matter by 7.2, feed units by 6.2, and digestible protein by 8.6 % in case of uncovered sowing and by 4.5, 3.1, 0.4 and 0.9 % when sown under the cover of oats, respectively. The introduction of the initial mineral fertilizer had a stronger effect on the productivity of clover varieties when sown under the cover of oats than when sown without cover. The yield of green mass increased by 7.02%, dry matter by 7.78, feed units by 7.94, and digestible protein by 11.4 %. The maximum yield of feed units and digestible protein was provided by the Dymkovsky variety against the background of lime in both single and mixed crops. The provision of the feed unit with digestible protein was higher than the standard in all studied variants. When sown without cover, on average, clover varieties accumulated 7.45 t/ha of UCO (crop and root residues), 119 kg/ha of total and 96.4 kg/ha of symbiotic nitrogen, when sown under cover of oats – slightly more – 7.94, 136 and 112, respectively. Liming increased the amount of UCO by 21.6 %, total nitrogen by 19.8, symbiotic by 49.6 % compared to the control. The initial dose of mineral fertilizer increased the accumulation of UCO and total nitrogen by more than two times compared to the limed backgrounds and had no effect on the accumulation of symbiotic nitrogen. The double-cut clover variety Dymkovsky and its mixtures left more organic residues and nitrogen in the soil, both general and symbiotic, than the single-cut clover.

Key words: meadow clover, maturity type, liming, starting dose, mineral fertilizer, feed value, soil fertility.

Введение

Существенным элементом организации надежной кормовой базы в Верхневолжье и важнейшим звеном современных адаптивных систем земледелия является расширение ассортимента и посевных площадей клевера лугового – основной бобовой кормовой культуры и источника кормового растительного белка, а также универсальной составляющей севооборотов.

У клевера лугового (*Trifolium pratense*) имеется два сорто типа – раннеспелый или двуукосный (*var. praecox*) и позднеспелый или одноукосный (*var. serotinum*). Двуукосные сорта клевера получили распространение преимущественно в южных, юго-западных и частично западных районах клеверосеяния, позднеспелый – в северных, северо-восточных, восточных и центральных районах РФ. Агропромышленные предприятия региона, имея продолжительный успешный опыт возделывания двуукосных клеверов, в последнее время проявляют значительный интерес к одноукосным, которые позволяют в организационном плане снизить напряженность работ и существенно увеличить период заготовки кормов, а также эффективно и более равномерно в течение сезона использовать имеющуюся у них кормозаготовительную технику из-за растянутых фаз развития у позднеспелых сортов.

В значительной степени это также стало возможным из-за успехов отечественных селекционеров по выведению высокоурожайных сортов одноукосного клевера в последние десятилетия.

Многие авторы отмечают, что урожайность клевера зависит от его сорто типа. В опытах С.В. Грислиса позднеспелые сорта клевера по продуктивности превосходили раннеспелые. Позднеспелые сорта формировали 18,9-20,0 т/га зеленой массы или 6,3-6,5 т/га сухого вещества, тогда как раннеспелые – 15,0-17,3 т/га или 4,6-6,0 т/га соответственно. Аналогичные результаты получили З.А. Зарьянов и Н.В. Парахин, у которых урожайность клевера одноукосного составила 6,67 т/га сухого вещества, у двуукосного – 5,51 т/га. У ряда других исследователей преимущество имели двуукосные сорта. У В.А. Волошина и Е.В. Мальцевой урожайность двуукосного сорта Трио клевера в I г.п. составила 5,71 – 6,63 т/га сухого вещества, во II г.п. – 4,87-7,63 т/га, у одноукосного Пермский местный соответственно 5,48-5,95 т/га в I г.п. и 5,00-5,27 т/га – во II г.п. Похожие результаты получила А.С. Чемарова в Предуралье [4, 5, 7, 16].

В Среднем Предуралье по влиянию на плодородие почвы и последствие на урожайность зерновых культур роль одноукосного сорта Пермский местный и двуукосного сорта Трио в земледелии оказалась одинаковой [2]. В Пермском крае одноукосный клевер (сорт Пермский местный) и двуукосный (сорт Трио) обеспечили в среднем за годы

исследований равную урожайность [3].

Подтверждается также утверждение Н.А. Мухиной, которая считала, что в Нечерноземной полосе в одном и том же хозяйстве целесообразно возделывать для кормовых целей оба типа клевера лугового-одноукосный и двуукосный [11].

Клевер луговой – культура очень чувствительная к кислой реакции почвенной среды и очень хорошо отзывается на известкование [1].

В Кировской области на дерново-подзолистой почве установлены достоверные корреляционные связи зависимости степени кислотности почвы (рН и Нг) с урожайностью зеленой массы клевера сорта Дымковский, $r = 0,76$ и $r = 0,79$ соответственно, а вот влияние содержания подвижного фосфора в почве на урожайность клевера было несущественным [10]. В своих опытах Е.П. Трепачев и соавторы выявили способность клевера лугового ВИК-7 к активной симбиотической азотфиксации и формированию высоких урожаев без внесения азота на слабокультуренной дерново-подзолистой суглинистой почве [13]. В то же время известкование и внесение фосфорных удобрений не способствовало повышению урожая при содержании подвижного фосфора 6-8 мг/100 г почвы. В условиях Костромской области местный позднеспелый сорт Солигаличский и толерантный к кислотности двуукосный сорт Топаз показали хорошую реакцию на последствие мелиоранта и комплексных минеральных [8]. Нейтрализация реакции почвенного раствора до рН КСl 5,8–5,9 в опытах Налиухина А.Н. и Рыжакowej А.А. способствовала увеличению урожайности зеленой массы клевера лугового на 6–15 % [12]. Положительную реакцию на известкование у клевера отметили в подтаежной зоне Приенисейской Сибири [14]. Харкевич Л.П. выяснил, что внесение только лишь извести в дозе 9 т/га давало достоверный положительный эффект [15]. На фоне известкования действие осадков сточных вод на урожай сена многолетних трав было также более эффективным.

Анализ литературных данных показывает, что показывает, что целесообразность выбора сорто типа клевера, его реакция на известкование и стартовое минеральное удобрение не до конца изучены. В Верхневолжском регионе такого рода исследования ранее не проводились, что указывает на актуальность.

Цель исследований

Изучить реакцию различных сорто типов клевера лугового на известкование и стартовые дозы минерального удобрения на дерново-подзолистых почвах.

Материалы и методы

Стационарный полевой опыт проводили в 2021-2023 гг. на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, в пахотном горизонте которой содержание органического вещества составило 1,9 % (ГОСТ 26213-91), подвижного фосфора и обменного калия соответственно 240 и 175 мг/кг почвы (ГОСТ Р 54650-

2011). Реакция почвенного раствора оказалась близкой к слабокислой - (рН_{сол.}) - 5,5, (ГОСТ 26423-85). Повторность трехкратная. Площадь делянки – 30 м². Размещение вариантов систематическое. Полная схема опыта представлена в таблице 3.

При проведении опытов использовали методику Доспехова Б.А., Методические указания по селекции многолетних злаковых трав и Методики агрохимических исследований и статистической оценки их результатов [6, 9, 17].

Технология возделывания трав общепринятая для региона. Варианты трав изучали при двух способах посева: ранний под покров овса на зерно (в период посева яровых зерновых – вторая декада мая) и 2 срок - беспокровно (во второй декада июня) на контроле (без удобрений) и на фоне с известью и известью + (NPK)₃₀. При первом способе посева для уничтожения сорняков применяли гербицид Агритокс в дозе 1л/га, при втором способе – дополнительную культивацию. Минеральные удобрения в форме нитроаммофоски и известь в дозе 4 т/га вносили один раз перед закладкой опыта.

Бобовые травы высевали в чистом виде с нормой высева клевера лугового двуукосного сорта Дымковский и одноукосного Солигаличский по 14 кг/га, тимopheевки луговой сорта Вик 9–10 кг/га и в составе травосмеси с тимopheевкой луговой. Норма высева компонентов в бобово-злаковых травосмесях составила 50 % от полной нормы высева трав в одноукосных посевах. Многолетние травы в течение вегетации скашивали два раза – первый укос в фазу бутонизации – начала цветения бобовых трав, второй – за 30-35 дней до наступления устойчивых заморозков.

Метеорологические условия в годы проведения опытов складывались по-разному: в 2021 году формирование первого укоса (май, июнь) происходило при неблагоприятных погодных условиях - ГТК за май составил 1,5, за июнь - 1,1, начало отрастания второго укоса - при высоких среднесуточных температурах и недостатке осадков, зато август и сентябрь были холодными и дождливыми, в 2022 году в мае среднемесячная температура воздуха оказалась ниже среднемесячной на 0,2 °С, осадков выпало меньше на 23 %, а июнь выдался теплым со среднемесячной температурой на 1,2 °С выше среднемесячной, при осадках лишь 21 % от нормы, что негативно повлияло на формирование первого укоса трав, метеоусловия для второго укоса также

складывались неблагоприятно - в июле температура воздуха оказалась выше среднемесячных значений, в августе ниже. тогда как осадков выпало лишь 30 % от нормы. В 2023 гг. в мае среднемесячная температура воздуха была ниже среднемесячной на 0,2 °С, осадков выпало в пределах нормы. Июнь выдался прохладным с ночными заморозками, среднемесячная температура на 1,2 °С ниже среднемесячной, осадков выпало в пределах нормы. Формирование второго укоса трав происходило в более контрастных условиях. В июле температура воздуха оказалась выше среднемесячных значений, тогда как осадков выпало всего лишь 15 % от нормы.

Результаты и обсуждение

В Ивановской области площадь кислых почв составляет 320,0 тыс. га или 63,8 % от обследованной площади пашни. Одним из факторов, существенно снижающих продуктивность бобовых культур, является кислая реакция почвенной среды. Поэтому решающим условием получения высокой урожайности клевера лугового на кислых дерново-подзолистых почвах является известкование. Во многих длительных полевых опытах отмечено также положительное влияние стартовых доз минеральных удобрений на продуктивность клевера, в связи с чем на сегодняшний день назрела острая необходимость в продолжении исследований по изучении реакции клевера на известкование и стартовые дозы минерального удобрения.

Нами установлено, что в среднем за три года в сумме за два укоса внесение извести при беспокровном посеве увеличило урожайность зеленой массы на 7,6, сухого вещества на 7,2, кормовых единиц на 6,2, переваримого протеина на 8,6 % (табл.1).

Дополнительное к извести внесение стартовой дозы минерального питания не сопровождалось ростом урожайности, а наоборот, происходило некоторое её снижение. Полученная в опытах прибавка урожая оказалась математически не достоверной, что, на наш взгляд, связано с тем, что почва изначально имела слабокислую реакцию среды. Наиболее высокие сборы кормовых единиц и переваримого протеина обеспечил сорт Дымковский на фоне извести как в одинарном 7,95 тыс. корм. ед/га и 1077 кг/га соответственно, так и в смешанном посеве – 7,40 и 1015. Обеспеченность кормовой единицы переваримым протеином была выше нормативной во всех изученных вариантах.

Таблица 1. Продуктивность и кормовая ценность трав при беспокровном посеве (2021-2023 гг.)

Агрофон (фактор А)	Варианты трав (фактор В)	Урожайность, т/га		Сбор			ПП на 1 корм. ед.,г
		ЗМ	СВ	тыс. корм. ед/га	ПП, кг/га	ОЭ, ГДж/га	
Без удобрений (контроль)	Кс	36,1	7,02	6,74	842	67,9	125
	Кд	35,5	7,44	7,15	985	71,9	138
	Кс.+Т	30,7	6,59	6,34	884	63,8	139
	Кд.+Т	34,4	6,92	6,66	920	66,8	138

Продолжение таблицы 1

Агрофон (фактор А)	Варианты трав (фактор В)	Урожайность, т/га		Сбор			ПП на 1 корм. ед.,г
		ЗМ	СВ	тыс. корм. ед/га	ПП, кг/га	ОЭ, ГДж/га	
Известь	Кс	37,2	7,43	7,15	983	71,8	135
	Кд	41,5	8,26	7,95	1077	79,8	135
	Кс.+Т	31,7	6,56	6,07	866	63,4	143
	Кд.+Т	36,9	7,69	7,40	1015	74,8	137
Известь + (NPK) ₃₀	Кс	33,0	6,63	6,38	875	64,1	138
	Кд	37,7	7,54	7,25	995	72,9	137
	Кс.+Т	34,9	7,09	6,82	936	68,5	137
	Кд.+Т	36,8	7,53	7,24	994	72,8	137
Среднее по фактору А	без удобрений (контроль)	34,2	6,99	6,72	907	67,6	135
	известь	36,8	7,49	7,14	985	72,4	138
	известь + (NPK) ₃₀	35,6	7,20	6,92	950	69,6	137
Среднее по фактору В	Кс	35,4	7,03	6,76	900	67,9	133
	Кд	38,2	7,75	7,45	1019	74,9	137
	Кс + Т	32,4	6,75	6,41	895	65,2	140
	Кд + Т	36,0	7,38	7,10	976	71,5	137
Прибавка, %	известь	7,6	7,2	6,2	8,6	7,1	2,2
	известь + (NPK) ₃₀	4,1	3,0	3,0	4,7	2,9	1,5

Примечание – ЗМ - зеленая масса, СВ - сухое вещество, ПП- переваримый протеин, ОЭ - обменная энергия. НСР₀₅ по фактору А - 1,63, по фактору В - 1,26, по взаимодействию АВ-1,3, для частных средних- 1,6. НСР рассчитан для урожайности сухого вещества

При подсеве под покров овса действие извести оказалось менее выраженной, получено прибавки всего лишь 4,5 % зеленой массы, 3,1 % сухого вещества и незначительные прибавки по кормовым единицам и переваримому протеину (табл. 2).

Внесение стартового минерального удобрения при этом способе посева повлияло на продуктивность сортов клевера более существенно, чем при беспокровном посеве. Урожайность зеленой массы увеличилась на 7,02 %, сухого вещества на - 7,78, кормовых

единиц – на 7,94, переваримого протеина – на 11,4 %. В сбалансированности кормовой единицы переваримым протеином достоверных различий между способами посева не выявлено. При посеве под покров овса различия в продуктивности между сортами клевера сглаживались, что, вероятно, связано с более сильным негативным влиянием покровной культуры на двуукосный клевер Дымковский, в отличие от местного сорта Солигаличский более эластичного и приспособленного к подпокровному посеву.

Таблица 2. Продуктивность и кормовая ценность трав при посеве под покров овса (2021-2023 гг.)

Агрофон (фактор А)	Варианты трав (фактор В)	Урожайность, т/га		Сбор			ПП на 1 корм. ед., г
		ЗМ	СВ	тыс. корм. ед/га	ПП, кг/га	ОЭ, ГДж/га	
Без удобрений (контроль)	Кс	35,7	7,09	6,90	903	73,0	131
	Кд	37,6	7,69	7,38	1004	79,2	136
	Кс.+Т	34,3	6,94	6,63	881	71,5	133
	Кд.+Т	34,9	7,06	6,78	878	72,9	129
Известь	Кс	39,2	7,74	6,67	874	76,2	131
	Кд	37,8	7,46	7,18	916	77,7	128
	Кс.+Т	35,9	7,27	6,98	957	71,5	137
	Кд.+Т	35,8	7,22	6,95	953	74,6	137
Известь + (NPK) ₃₀	Кс	40,1	7,94	7,64	1047	76,8	137
	Кд	37,9	7,85	7,59	1028	75,8	135
	Кс.+Т	36,9	7,68	7,36	1006	76,7	137
	Кд.+Т	37,6	7,59	7,29	1001	75,4	137

Продолжение таблицы 2

Агрофон (фактор А)	Варианты трав (фактор В)	Урожайность, т/га		Сбор			ПП на 1 корм. ед., г
		ЗМ	СВ	тыс. корм. ед/га	ПП, кг/га	ОЗ, ГДж/га	
Среднее по фактору А	без удобрений (контроль)	35,6	7,20	6,92	916	74,2	132
	известь	37,2	7,42	6,95	925	75,0	133
	известь + (NPK) ₃₀	38,1	7,76	7,47	1020	76,2	136
Среднее по фактору В	Кс	38,3	7,59	7,07	941	75,3	133
	Кд	37,8	7,70	7,38	983	77,6	133
	Кс + Т	35,7	7,30	6,99	948	73,2	136
	Кд + Т	36,1	7,29	7,0	944	74,3	134
Прибавка, %	известь	4,5	3,1	0,4	0,9	1,1	0,8
	известь + (NPK) ₃₀	7,02	7,78	7,94	11,4	2,7	3,0

Примечание - НСР₀₅ по фактору А - 1,73, по фактору В - 1,21, по взаимодействию АВ - 1,3, для частных средних - 1,5. НСР рассчитан для урожая сухого вещества

Клевер луговой и его смеси повышают плодородие почвы, обогащая её органическим веществом и биологическим азотом, за счёт симбиотической азотфиксации, сокращая применение промышленных азотных удобрений в земледелии, улучшают фитосанитарное состояние почвы, освобождают почву от вредных веществ и способствуют развитию полезных микроорганизмов. Разлагающееся органическое вещество корневых и пожнивных остатков многолетних трав повышает содержание гумуса, улучшает агрофизические и физико-механические свойства почвы.

При беспокровном посеве за годы исследований в среднем по сортам клевера накапливали 7,45 т/га

УКО, 119 кг/га общего и 96,4 кг/га симбиотического азота, при посеве под покров овса – несколько больше – соответственно 7,94, 136 и 112. (табл. 3) Внесение извести увеличило количество УКО на 21,6 %, общего азота на 19,8, симбиотического на 49,6 % по сравнению с контролем. Стартовая доза минерального удобрения повысила аккумуляцию УКО и общего азота более чем в два раза по сравнению с известкованным фоном и не оказала влияние на накопление симбиотического азота. Двукосный клевер Дымковский и его смеси оставляли в почве больше органических остатков и азота как общего, так и симбиотического, чем одноукосный.

Таблица 3. Аккумуляция УКО и азота многолетними травами

Способ посева (фактор А)	Агрофон (фактор В)	Варианты трав (фактор С)	УКО, т/га	Накоплено N, кг/га	
				общего	симбиотического
Беспокровный	без удобрений (контроль)	Кс	5,87	107	83,7
		Кд	6,51	118	97,2
		Кс+Т	5,90	83,2	66,5
		Кд.+Т	7,47	106	84,3
	известь	Кс	6,82	124	102
		Кд	7,12	130	106
		Кс.+Т	6,76	95,3	76,2
		Кд.+Т	8,19	115	92,4
	известь + (NPK) ₃₀	Кс	7,15	130	107
		Кд	8,12	149	121
		Кс.+Т	9,13	129	103
		Кд.+Т	10,4	147	117
Под покров овса	без удобрений (контроль)	Кс	6,48	118	96,7
		Кд	6,50	125	97,0
		Кс.+Т	5,10	71,9	57,5
		Кд.+Т	5,73	80,8	64,6
	известь	Кс	7,12	129	106
		Кд	8,42	153	126
		Кс.+Т	7,69	108	86,7
		Кд.+Т	8,21	116	92,6
	известь + (NPK) ₃₀	Кс	9,21	138	137
		Кд	9,42	171	140
		Кс.+Т	10,3	144	116
		Кд.+Т	11,1	156	125

Продолжение таблицы 3

Способ посева (фактор А)	Агрофон (фактор В)	Варианты трав (фактор С)	УКО, т/га	Накоплено N, кг/га	
				общего	симбиотического
Среднее по фактору А	беспокровный		7,45	119	96,4
	под покров овса		7,94	136	112
Среднее по фактору В	без удобрений (контроль)		6,20	101	80,9
	известь		7,54	121	98,5
	известь + (NPK) ₃₀		9,35	146	121
Среднее по фактору С	Кс		7,11	124	105
	Кд		7,68	141	114
	Кс + Т		7,48	105	84,3
	Кд + Т		8,52	120	95,9
Прибавка , %	известь		21,6	19,8	49,6
	известь + (NPK) ₃₀		50,8	44,6	49,6

Примечание - УКО – укосные корневые остатки, N-азот

Наибольшее количество УКО образовалось при обоих способах посева у клевера сорта Дымковский + тимopheевка на фоне внесения извести + NPK – 10,4 т/га при беспокровном и 11,1 т/га при посеве под покров овса. Смешанные травостой клевера Солигаличского с тимopheевкой уступали этому варианту в среднем за годы на 14 и 7,8 %.

Аккумуляция азота травами находилась в тесной корреляции с накоплением органических остатков. Как в одновидовом, так и в смешанных посевах максимальное в исследовании количество общего и симбиотического азота накапливалось в посевах клевера сорта Дымковский (известь + NPK): общего азота 149 кг/га при беспокровном и 171 кг/га при посеве под покров овса в одновидовом и 147, и 156 кг/га соответственно в смешанном посевах; симбиотического азота – 121 и 140 кг/га в одновидовом и 117, и 125 кг/га в смешанном травостое при беспокровном и покровном посеве соответственно.

Выводы

1. Внесение извести увеличивает урожайность зеленой массы клеверов на 7,6, сухого вещества на 7,2, кормовых единиц на 6,2, переваримого протеина на 8,6 % при беспокровном посеве и на 4,5, 3,1, 0,4 и 0,9 % при посеве под покров овса соответственно, т.е. известкование более эффективно в чистых посевах, чем при подсева под покровную культуру.

2. Двуукосный клевер Дымковский сильнее реагировал на внесение извести, чем одноукосный Солигаличский. Дополнительное к извести внесение стартового минерального удобрения сильнее повлияло на продуктивность сортов клевера при посе-

ве под покров овса, чем при беспокровном посеве. Урожайность зеленой массы возросла на 7,02 %, сухого вещества – на 7,78, кормовых единиц – на 7,94, переваримого протеина – на 11,4 %. При этом на улучшение условий питания более отзывчивым оказался двуукосный клевер Дымковский.

3. Наивысшие сборы кормовых единиц и переваримого протеина обеспечил сорт Дымковский на фоне извести как в одинарном, так и в смешанном посеве. Обеспеченность кормовой единицы переваримым протеином была выше нормативной при обоих способах посева у обоих сортов.

4. Накопление азота травами находилось в тесной связи с образованием органических остатков. Как в одновидовом, так и в смешанных посевах максимальное количество общего и симбиотического азота накапливалось в посевах клевера сорта Дымковский в варианте известь + NPK - общего азота 149 кг/га при беспокровном и 171 кг/га при посеве под покров овса в одновидовом и 147 и 156 кг/га соответственно в смешанном посевах, симбиотического азота – 121 и 140 кг/га в одновидовом и 117, и 125 кг/га в смешанном травостое при беспокровном и покровном посеве соответственно.

5. При известковании количество УКО увеличилось на 21,6 %, общего азота на 19,8, симбиотического на 49,6 % по сравнению с контролем. Стартовая доза минерального удобрения повысила аккумуляцию УКО и общего азота более чем в два раза по сравнению с известкованным фоном и не оказала влияния на накопление симбиотического азота.

Литература/References

1. Авдонин Н.С. Научные основы применения удобрений. М.: Колос, 1972. 320 с. [Avdonin N.S. Scientific foundations of fertilizer application. Moscow: Kolos, 1972; 320 p. (in Russian)].
2. Акманаев Э.Д. Роль одноукосного и двуукосного сортов клевера лугового в земледелии Среднего Предуралья // Реализация принципов земледелия в условиях современного сельскохозяйственного производства: материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 85-летию со дня рождения доктора сельскохозяйственных наук, профессора кафедры земледелия и землеустройства Владимира Михайловича Холзакова. Пермь, 2017. С. 26-31. [Akmanayev E.D. The role of single-cut and double-cut meadow clover varieties in agriculture in the Middle Urals // Implementation of the principles of agriculture in the conditions of modern agricultural production: materials of the All-Russian scientific and practical conference dedicated to the 85th anniversary of the birth of Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Agriculture and Land Management Vladimir

- Mikhailovich Kholzakov. Perm, 2017;26-31 (in Russian)].
3. Акманаев Э.Д. Формирование урожайности одноукосного и двухукосного клевера лугового в зависимости от агрометеорологических условий // *Пермский аграрный вестник*. 2018. № 3(23). С. 30-34. [Akmanayev E.D. Yield formation of single- and double-cut meadow clover depending on agrometeorological conditions. *Perm Agrarian Bulletin*. 2018;3(23):30-34 (in Russian)].
 4. Волошин В.А., Мальцева Е.В. Сорты клевера лугового разной скороспелости в кормо-сырьевом конвейере в условиях Пермской области // *Кормопроизводство*. 2004. № 9. С.27-31. [Voloshin V.A., Maltseva E.V. Varieties of meadow clover of different maturity in the feed conveyor in the Perm region. *Fodder production*. 2004; 9: 27-31 (in Russian)].
 5. Грислис С.В. Клевер луговой в современных агрофитоценозах // *Кормопроизводство*. 2000. № 6. С. 26-27. [Grislis S.V. Meadow clover in modern agrophytocenoses. *Fodder production*. 2000;6:26-27 (in Russian)].
 6. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследования). 5 изд., доп. и перераб. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с. [Dospekhov, B. A. Methodology of field experiment (with the basics of statistical processing of research results). 5th ed., revised and enlarged. Moscow: Agropromizdat.1985;351 p. (in Russian)].
 7. Зарьянов З.А. Особенности формирования травостоя различных сорто-образцов клевера лугового // *Кормопроизводство*. 2001. № 7. С. 18-22. [Zarianov Z.A. Features of the formation of herbage of various cultivar samples of meadow clover. *Feed production*. 2001;7:18-22 (in Russian)].
 8. Камнева О.П. О комплексном использовании извести и минеральных удобрений при выращивании клевера лугового // *Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение*. 2016. №4(48). С. 105-111. [Kamneva O.P. On the complex use of lime and mineral fertilizers in the cultivation of meadow clover. *Modern science-intensive technologies. Regional application*. 2016;(48)105-111 (in Russian)].
 9. Косолапов В. М., С.И Костенко, С.В. Пилипко. Методические указания по селекции многолетних злаковых трав. М: Рос. акад. с.-х. наук, Всероссийский науч.-исслед. ин-т кормов им. В. Р. Вильямса, 2012. 53 с. [V.M. Kosolapov S.I. Kostenko S.V. Pilipko and others. Methodological guidelines for the breeding of perennial grasses. Moscow: Russian Academy of Agricultural Sciences, All-Russian Scientific Research Institute. V. R. Williams Kormov Institute. 2012;53 p. (in Russian)].
 10. Лыскова И.В., Лысакова Т.В., Попов Ф.А. Продуктивность клевера лугового на дерново-подзолистой почве при различной обеспеченности фосфором и степени кислотности // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2019; Т. 20. №4. С. 368-377. [Lyskova I.V., Lyskova T.V., Popov F.A. Productivity of meadow clover on sod-podzolic soil with varying levels of phosphorus and acidity. *Agrarian Science of the Euro-North-East*. 2019;20,4:368-377 (in Russian)]. doi: 10.30766/2072-9081.2019.20.4.368-377
 11. Мухина Н.А. Клевер красный. Л.: Колос. 1971. 88 с. [Mukhina N.A. Red clover. Leningrad: Kolos, 1971;88 p. (in Russian)].
 12. Налиухин А.Н., Рыжакова А.А. Азотофиксация клевера лугового при применении удобрений и известковании // *Агрохимия*. 2021. № 11. С. 65-71. [Naliukhin A.N., Ryzhakova A.A. Nitrogen fixation of meadow clover in the application of fertilizers and liming. *Agrochemistry*. 2021;11:65-71 (in Russian)]. doi: 10.31857/S0002188121110090
 13. Трепачев, Е.П., Кирпичников Н.А., Ягодина М.С. К вопросу об отношении клевера лугового к кислотности дерново-подзолистой почвы, фосфатному уровню и отзывчивости на фосфорное удобрение // *Агрохимия*. 1989. № 2. С. 59-69. [Trepacev E.P., Kirpichnikov N.A., Yagodina M.S. On the relationship of meadow clover to the acidity of sod-podzolic soil, phosphate level and responsiveness to phosphorus fertilizer. *Agrochemistry*. 1989; 2:59-69 (in Russian)].
 14. Трубников Ю.Н. Влияние удобрений и известкования на урожай клевера в подтаёжной зоне Приенисейской Сибири // *Кормопроизводство*. 2005. № 9. С. 18-20. [Trubnikov Yu.N. The effect of fertilizers and liming on the clover yield in the taiga zone of Yenisei Siberia. *Fodder production*. 2004;9:18-20 (in Russian)].
 15. Харкевич Л.П. Действие осадка сточных вод и известкования на продуктивность и качество сена многолетних трав // *Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК: материалы VII Международной научной конференции*. 2010. С. 246-249. [Harkevich L.P. The effect of sewage sludge and liming on the productivity and quality of hay of perennial grasses. *Agroecological aspects of the sustainable development of agriculture: proceedings of the VII International Scientific Conference*. 2010;246-249. 246-249 (in Russian)].
 16. Чемарова А.С. Продуктивность травяного звена кормового севооборота при покровном и беспокровном посевах озимых и яровых многолетних трав: автореф. дис. канд. с.-х. наук: 06.01.09 – растениеводство, Пермь, 2009. 22 с. [Chemarova A.S. Productivity of the grass link of forage crop rotation during cover and non-cover crops of winter and spring perennial grasses: abstract of the dissertation of the Candidate of agricultural Sciences: 06.01.09 – Plant breeding, Perm, 2009;22 p. (in Russian)].
 17. Шеуджен А.Х., Бондарева Т.Н. Методика агрохимических исследований и статистическая оценка их результатов. Майкоп: ОАО «Полиграф-Юг». 2015. 664 с. [Sheudzhen A.Kh., Bondareva T.N. Methodology of Agrochemical Research and Statistical Evaluation of Its Results. Maikop: ОАО Poligraf-Yug. 2015;664 p. (in Russian)].

Сабир Тюменбегович Эседуллаев

Директор

E-mail: ivniicx@mail.ru

тел. 8 980 687 00 89

Ивановский НИИСХ – филиал ФГБНУ
«Верхневолжский федеральный аграрный
научный центр»
153506, Ивановская обл., Ивановский р-н, с.
Богородское, ул. Центральная, д. 2,

Sabir Tyumenbegovich Esedullaev

Director

E-mail: ivniicx@mail.ru

tel. 8 980 687 00 89

Ivanovo Research Institute of Agricultural Sciences
– branch of the Verkhnevolzhsky Federal Agrarian
Scientific Center
2, Tsentralnaya str., Bogorodskoye village, Ivanovo
district, Ivanovo region, 153506, Russia

DOI 10.33775/1684-2464-2026-70-1-81-86
УДК: 631.417:631.582:633.1

Турусов В.И., д.с.-х.н., акад. РАН,
Говорова О.В.,
Коновалова Е.Я.,
Черенков Б.В.
Воронежская обл., Россия

ПИТАТЕЛЬНЫЙ РЕЖИМ ПОЧВЫ В СЕВООБОРОТАХ С РАЗЛИЧНЫМ НАСЫЩЕНИЕМ ЗЕРНОВЫМИ КУЛЬТУРАМИ

Целью проведенных исследований являлось изучение и анализ влияния насыщения севооборотов зерновыми культурами на содержание элементов минерального питания в почве. Опыты проводили в период с 2019 по 2021 гг. в многолетнем стационарном опыте лаборатории эколого-ландшафтных севооборотов ФГБНУ «Воронежский федеральный аграрный научный центр им. В. В. Докучаева», расположенном в юго-восточной части Центрального Черноземья. Объектами исследования выступали звенья севооборотов с разным уровнем насыщения зерновыми культурами: 56 %, 70 %, 84 % и 100 %. Возделывание сельскохозяйственных культур и отбор почвенных проб проводили в соответствии с общепринятыми технологиями и методами. В ходе исследований изучали изменения содержания основных элементов минерального питания, таких как $N-NO_3$, P_2O_5 , K_2O в почве под влиянием различных уровней насыщения севооборотов зерновыми культурами. Характерной особенностью вегетационной динамики является снижение содержания доступного азота по мере роста и развития растений. Обеспеченность подвижными формами фосфора и калия, наоборот, повышалась. Результаты показали, что потери нитратного азота в слое почвы 0–40 см за вегетационный период оказались минимальными в зернотравянопропашном звене севооборота с 70 % насыщением и составили 2,7 мг/кг. Повышение содержания подвижного фосфора и калия здесь составило 24 и 2 мг/кг почвы соответственно, что выделило данный вариант по сравнению с другими звеньями севооборотов опыта, за исключением звена зернопропашного севооборота с 84 % насыщения зерновыми культурами, где прибавка по K_2O оказалась равной 3 мг/кг почвы. Применение минеральных удобрений наряду с напряженным чередованием в севооборотах не способствовало накоплению элементов минерального питания в почве.

Ключевые слова: севооборот, насыщение зерновыми культурами, почва, элементы минерального питания, азот, фосфор, калий.

NUTRIENT REGIME OF THE SOIL IN CROP ROTATIONS WITH DIFFERENT SATURATION OF GRAIN CROPS

The purpose of the research was to study and analyze the effect of crop rotation saturation with grain crops on the content of mineral nutrition elements in the soil. The experiments were conducted in the period from 2019 to 2021 in the long-term stationary experiment of the Laboratory of Ecological and Landscape Crop Rotations of the Federal State Budgetary Scientific Institution Voronezh Federal Agrarian Scientific Center named after V.V. Dokuchaev, located in the southeastern part of the Central Chernozem region. The objects of the study were the links of crop rotations with different levels of saturation with grain crops: 56 %, 70 %, 84 % and 100 %. The cultivation of crops and selection of soil samples were carried out in accordance with generally accepted technologies and methods. In the course of the research, changes in the content of the main elements of mineral nutrition, such as $N-NO_3$, P_2O_5 , K_2O in the soil were studied under the influence of different levels of saturation of crop rotations with grain crops. A characteristic feature of vegetation dynamics is a decrease in the available nitrogen content as plants grow and develop. On the contrary, the availability of mobile forms of phosphorus and potassium increased. The results showed that the loss of nitrate nitrogen in the 0–40 cm soil layer during the growing season was minimal in the grain and arable crop rotation with 70 % saturation and amounted to 2.7 mg/kg. The increase in the content of mobile phosphorus and exchangeable potassium here was 24 and 2 mg/kg of soil, respectively, which highlighted this option in comparison with other links in the experimental crop rotations, with the exception of the grain crop rotation link with 84 % saturation with grain crops, where the increase in K_2O turned out to be 3 mg/kg of soil. The use of mineral fertilizers along with intense alternation in crop rotations did not contribute to the accumulation of mineral nutrition elements in the soil.

Key words: crop rotation, saturation with grain crops, soil, elements of mineral nutrition, nitrogen, phosphorus, potassium.

Введение

Ключевым фактором, определяющим оптимальные условия для роста и развития культур в севообороте, является наличие и сбалансированность питатель-

ных веществ в почве. Сельскохозяйственные растения с различными биологическими характеристиками и биохимическим составом остаточной биомассы в процессе ротации неодинаково влияют на свойства

почвы, особенно на содержание и трансформацию биогенных элементов. Специализация земледелия в основных сельскохозяйственных регионах связана с проблемами в чередовании культур. Часто в специализированных севооборотах увеличивается удельный вес сельскохозяйственных растений, близких по биологии и технологии возделывания. В севооборотах с высоким насыщением зерновыми культурами снижается доля пропашных, кормовых, бобовых и других звеньев, которые имеют большое фитомелиоративное и фитосанитарное значение. Изменение состава возделываемых культур в севооборотах с напряжённым чередованием зачастую приводит к одностороннему развитию и обеднению почвенной биоты, замедлению мобилизационных процессов, снижению содержания и доступности элементов минерального питания. Решение проблем, связанных с утратой как в специализированных, так и обычных севооборотах элементов и преимуществ плодосмены может решаться путем применения в чередованиях биологических приёмов повышения плодородия, включения в их структуру однолетних и многолетних бобовых культур, обладающих фитомелиоративным действием. В земледелии Центрального Черноземья, где наряду с фермерскими хозяйствами, землепользователями выступают крупные агрохолдинги, и где в основном эксплуатируются зерновые, свекловичные, кукурузные, картофельные и другие виды севооборотов актуальность биологизации и экологизации земледелия существенно возрастает, так как в этих чередованиях возмещение выноса основных макроэлементов осуществляется только на 55-65 % [9, 10, 12].

Азот представляет собой один из главных элементов минерального питания растений в почвенно-климатических условиях юго-восточной части Центрально-Чернозёмной зоны. Его концентрация в почве тесно коррелирует с интенсивностью биологических процессов, которые, в свою очередь, определяются поступлением органического вещества растительных остатков и минеральных удобрений, а также степенью его потребления культурами [3, 7, 17].

Основным источником азота является органическое вещество, преимущественно гумус. В результате процессов аммонификации и нитрификации образуются формы азота, доступные для растений, такие как аммонийные соли, нитраты и нитриты. Оптимальное обеспечение растений азотом зависит не только от его содержания в почве, но и от скорости процессов минерализации. Дополнительным источником азота для растений является молекулярный азот атмосферы. Свободноживущие азотфиксирующие микроорганизмы преобразуют его в формы, доступные для ассимиляции растениями, обеспечивая их азотным питанием [4, 14, 19].

В пищевом режиме почвы и ее плодородии немаловажное значение принадлежит фосфору. Он

оказывает большое влияние на развитие репродуктивных органов растений. Этот элемент повышает зимостойкость, ускоряет развитие и созревание, благотворно влияет на выход зерна у злаков. В растениях фосфор поступает из почвы в течение всего периода вегетации, но особенно необходим с самого начала развития сельскохозяйственных культур. Поэтому очень важно обеспечить этим элементом молодые растения в начальные фазы их вегетации. Недостаток фосфора в это время не компенсируется усиленным фосфорным питанием в последующие периоды [13, 15].

Калий является одним из основных макроэлементов, необходимых для нормального функционирования растений. Он играет важную роль в углеводном и белковом обмене, а также способствует поддержанию водного баланса, участвует в биосинтезе углеводов, белков, липидов и других метаболитов в растительных клетках. Оптимальное калийное питание растений обеспечивает более эффективное удержание влаги, повышает засухоустойчивость. Под воздействием калия увеличивается осмотическое давление в клетках растений и их тургор, что приводит к повышению концентрации клеточного сока. Это, в свою очередь, способствует увеличению устойчивости озимых культур к неблагоприятным условиям, включая низкие температуры [1, 11].

Запасы калия в почве зависят от агрофизического состояния почв, теплового режима и кислотности. Важным фактором, определяющим его перевод из недоступных форм, является характер чередования культур севооборотов, от которого зависит количество и качество негумифицированных растительных остатков и активность почвенной микрофлоры. Включение в севооборот многолетних трав оказывает положительное влияние на динамику калия, способствуя его перемещению из нижележащих горизонтов почвы в вышележащие слои [2, 16].

Цель исследований

Изучить и проанализировать влияние различного насыщения севооборотов зерновыми культурами на содержание в почве элементов минерального питания.

Материалы и методы

Исследования проводили в многолетнем стационарном опыте лаборатории эколого-ландшафтных севооборотов ФГБНУ «Воронежский федеральный аграрный научный центр им. В.В. Докучаева» в 2019-2021 гг. Почва опытного участка чернозем обыкновенный, среднесуглинистый тяжелосуглинистого гранулометрического состава со следующей агрохимической характеристикой слоя почвы 0-40 см: содержание гумуса – 6,25 %, общего азота – 0,29 %, фосфора – 0,21 %, калия – 1,87 %, подвижных форм $N-NO_3$ – 12,1 мг/кг, P_2O_5 – 144 мг/кг, K_2O – 68 мг/кг, сумма поглощенных осно-

ваний – 68,6 мг-экв/100 г почвы, рН – 6,58. Опыт заложен в трёхкратной повторности, размещение делянок систематическое с разделением их на две части: удобренную с дозой внесения нитроаммофоски $N_{60}P_{60}K_{60}$ и неудобренную. Возделывание сельскохозяйственных культур осуществлялось по общепринятым и применяемым в агропроизводстве технологиям. В схему стационарного опыта включены варианты севооборотов с насыщением зерновыми, их трёхчленные звенья: 1) зернопропашной (контроль 56 %): сидеральный пар (горчица) – озимая пшеница – подсолнечник – ячмень + пожнивная горчица – горох – озимая пшеница + озимая вика – гречиха; 2) зернопаропропашной (70 %): чистый пар – озимая пшеница – подсолнечник – ячмень – горох – озимая пшеница – ячмень; 3) зернопропашной (84 %): горох – озимая пшеница – подсолнечник – ячмень + пожнивная горчица – горох – озимая пшеница – ячмень; 4) зернопаропропашной (70 % + $N_{60}P_{60}K_{60}$): чистый пар – озимая пшеница – подсолнечник – ячмень – горох – озимая пшеница – ячмень; 5) зерновой (100 %): соя – озимая пшеница – ячмень – горох – озимая пшеница – ячмень – овёс; 6) зерновой (100 % + $N_{60}P_{60}K_{60}$):

соя – озимая пшеница – ячмень – горох – озимая пшеница – ячмень – овёс; 7) зернотравянопропашной (70 %): нут – озимая пшеница – кукуруза – ячмень + эспарцет – эспарцет на сено – озимая пшеница – овёс.

Питательный режим почвы в звеньях севооборотов с озимой пшеницей определяли путем взятия почвенных проб из 5-^{ти} скважин, расположенных по диагонали делянки в слоях 0-10, 10-20 и 20-40 см: нитратный азот – спектрофотометрическим методом В.Д. Цыганок; подвижный фосфор; калий по Ф.В. Чирикову из одной вытяжки (ГОСТ 26204-91) 3 раза за вегетацию. Статистическая обработка экспериментальных данных осуществлялась методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову (2014) и программе Microsoft Excel с приведением показателя суммы проб трёх горизонтов к среднему значению 0-40 см [5].

Результаты и обсуждение

Наши исследования показали, что насыщение полевых севооборотов зерновыми культурами с 56 до 100 % приводило к снижению содержания $N-NO_3$ в почве от начала всходов до периода уборки (рис. 1).

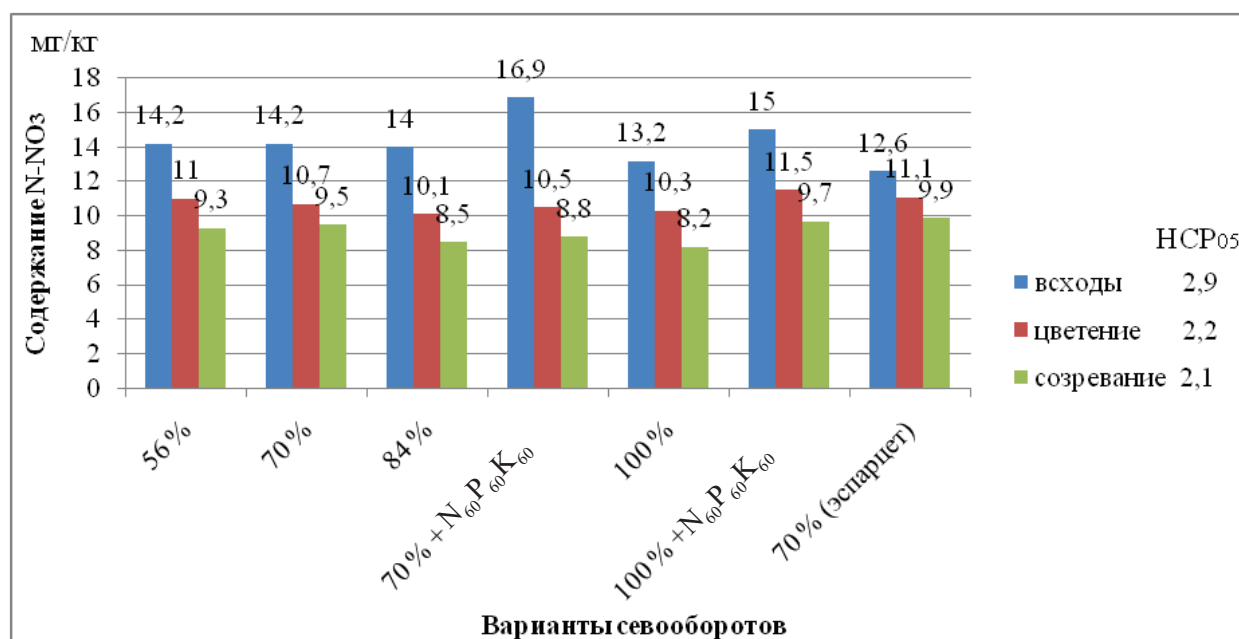


Рисунок 1. Влияние насыщения севооборотов зерновыми культурами на содержание $N-NO_3$ в слое почвы 0-40 см, мг/кг, 2019-2021 гг.

В зернопропашном севообороте с насыщением зерновыми культурами 56 %, принятым за контроль, количество нитратного азота в слое почвы 0-40 см в начальный период вегетации составило 14,2 мг/кг. На варианте с 70 % насыщением и применением $N_{60}P_{60}K_{60}$ под культуры зернопаропропашного севооборота оно было выше на 19 %, а в звене зернотравянопропашного севооборота (70 % насыщение с эспарцетом) – на 11,3 % ниже. К периоду цветения здесь происходило заметное сокращение $N-NO_3$ в почве на 37,9 и 11,9 %, связанное с активным усвоением этого элемента в

период нарастания вегетативной массы и формирования генеративных органов полевых культур. К моменту созревания культур севооборотного звена происходила постепенная стабилизация данных процессов. Диапазон значений по всем вариантам опыта был близок к контролю, с отклонениями $\pm 0,2-1,1$ мг/кг. Следует отметить, что в звене зернового севооборота с насыщением 100 % отмечалось снижение уровня $N-NO_3$ в почве на 11,8 %, в сравнении с 56 % насыщением. Это явление связано с накоплением здесь большого объема остаточной биомассы. Если в почве

под культурами звена зернопропашного севооборота содержалось 18,3 т/га пожнивно-корневых остатков, то в звене с высоким насыщением оно возрастало до 19,5 т/га, что способствовало усиленной иммобилизации азота микроорганизмами и приводило к снижению его содержания в почве. В звене севооборота с эспарцетом количество нитратного азота в почве превышало контрольные значения на 6,5 %. Это обусловлено активной трансформацией остаточной биомассы многолетних бобовых трав почвенной микробиотой и возвращением фиксированного азота в почву [6, 8, 18].

Минеральные удобрения способствовали увеличению содержания нитратного азота в почве на 5,6-19,0 % в начале вегетации. Однако, в дальнейшем его концентрация существенно снижалась из-за потребления культурами и усиленного использования азота туков для микробиологической трансформации высокоуглеродистой биомассы, поступающей от предшественников в почву.

Анализируя динамику содержания подвижного фосфора в слое почвы 0-40 см, следует отметить, что на его накопление большое влияние оказало насыщение севооборотов зерновыми культурами (рис. 2).

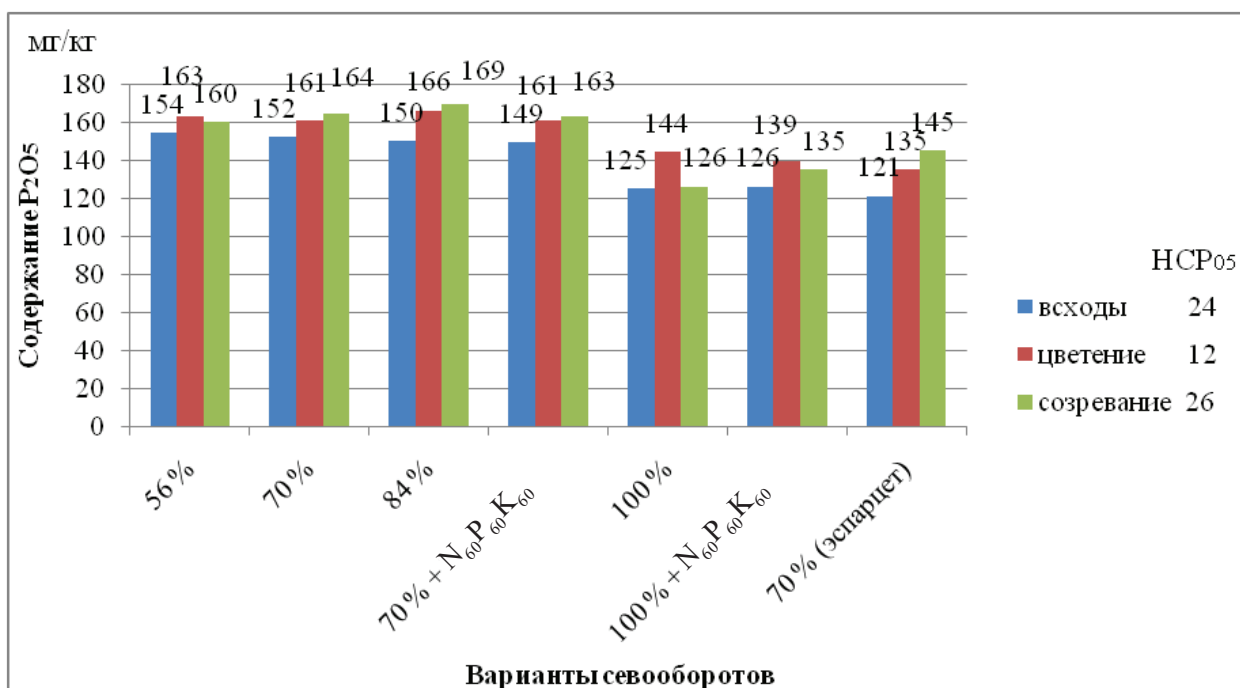


Рисунок 2. Влияние насыщения севооборотов зерновыми культурами на содержание P_2O_5 в почве звена севооборота в слое 0-40 см, мг/кг за 2019-2021 гг.

Стабильно высокий уровень P_2O_5 отмечался на вариантах зернопропашных и зернопаропропашных звеньев севооборотов с насыщением до 84 % – 149-169 мг/кг почвы в период от всходов до уборки. В зернотравянопропашном севообороте с эспарцетом (70 % насыщения) и звеньях севооборотов с напряжённым чередованием на естественном и удобренном фоне диапазон значений был ниже – 121-145 мг/кг почвы, что объясняется активным потреблением макроэлемента растущей биомассой эспарцета и зерновыми культурами, особенно в начале вегетации. Во время цветения и созревания культур происходило накопление P_2O_5 в почве, что связано с высвобождением элемента из растительных остатков предшественников и активизации мобилизационных процессов в почве. В звеньях севооборота с многолетними бобовыми травами рост показателей подвижного фосфора в почве к периоду созревания составил 19,8 %, что выше значений на контрольном варианте, где его содержание возросло на 3,9 %.

Анализ данных по содержанию подвижного калия показал, что с увеличением насыщения севооборотов зерновыми культурами наблюдалась тенденция к снижению содержания подвижного калия в почве (рис. 3).

Необходимо отметить, что в весенний период практически по всем вариантам отмечалось наибольшее накопление калия по сравнению с периодом цветения и созревания, что связано с высвобождением подвижных форм калия в результате микробиологической трансформации остаточной биомассы, накопленной предшествующими культурами. Об этом свидетельствует выявленная средняя положительная корреляционная связь между накоплением пожнивно-корневых остатков и содержанием подвижного калия в почве. При 56 % насыщении эта связь составила $r = 0,64$, при 100 % насыщении – $r = 0,40$, при 84 % – $r = 0,56$.

К периоду цветения наблюдалось активное потребление культурами калия. Его количество в слое почвы 0-40 см в звеньях с различным насыщением зерновыми варьировало от 61 до 67 мг/кг почвы. К окончанию ве-

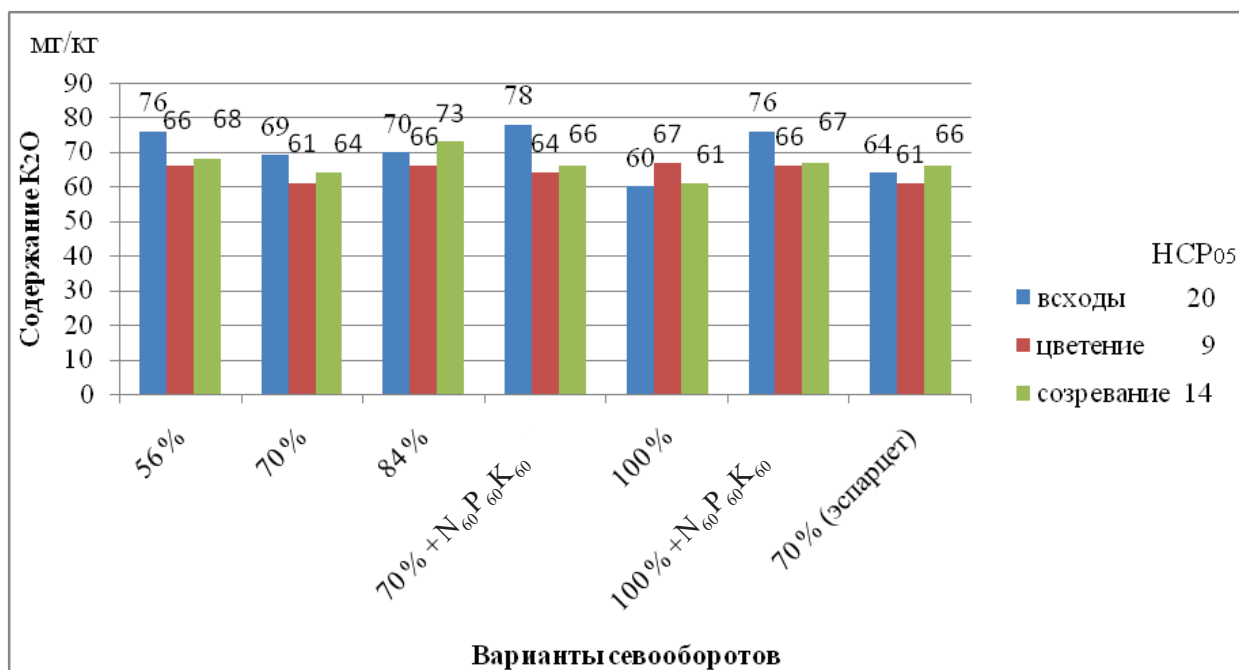


Рисунок 3. Влияние насыщения севооборотов зерновыми культурами на содержание K_2O в слое почвы 0-40 см, мг/кг в 2019-2021 гг.

гетации потребление растениями калия сократилось и произошло незначительное увеличение его количества по всем вариантам опыта на 1,5-10,6 %, за исключением варианта со 100 % насыщением, где наблюдалось снижение на 9,0 %. Внесение минеральных удобрений при 100 % насыщении увеличило содержание подвижного калия и приблизило к контрольным значениям при насыщении севооборота зерновыми 56 %.

Результаты проведенных нами исследований показали, что наибольшее накопление подвижного калия в почве за весь период вегетации культур отмечалось в зернопропашном севообороте с 84 % насыщением – на 3 мг/кг и 2 мг/кг почвы в зернотравянопропашном

при 70 % насыщении зерновыми культурами.

Выводы

В течение вегетационного периода наиболее оптимальные условия для аккумуляции и усвоения основных питательных веществ сельскохозяйственными культурами формируются в севооборотах, где 70 % посевных площадей занимают зерновые культуры с включением в структуру эспарцета.

Благодаря фитомелиоративному воздействию многолетних трав, возможно в определенной мере стабилизировать содержание питательных элементов в почве, что является важным аспектом экологизации и биологизации севооборотов и систем земледелия.

Литература/References

1. Агрохимия: Классический университетский учебник для стран СНГ/ под ред. В.Г. Минеева. М.: ВНИИА им. Д.Н. Прянишникова, 2017. 854 с. [Agrochemistry: A classical university textbook for the CIS countries / [edited by V.G. Mineev]. Moscow: VNIIA named after D.N. Pryanishnikov, 2017;854 p. (in Russian)]
2. Беляев А.Б. Физико-химический анализ почв. Методические указания по определению элементов питания: азота, фосфора, калия в почве. Воронеж: ВГУ, 2000. 20 с. [Belyaev A.B. Physico-chemical analysis of soils. Guidelines for the determination of nutrients: nitrogen, phosphorus, potassium in the soil. Voronezh: VSU, 2000;20 p. (in Russian)]
3. Гамзиков Г.П. Агрохимия азота в агроценозах. Новосибирск: [б. и], 2013. 790 с. [Gamzikov G.P. Agrochemistry of nitrogen in agrocenoses. Novosibirsk: [n/p], 2013;790 p. (in Russian)]
4. Делаев У.А., Асхабов Р.Ю. Биологическая фиксация азота атмосферы // Вестник Чеченского государственного университета им. А.А. Кадырова. 2017. № 3(27). С. 31-34. [Delaev U.A., Askhabov R.Yu. Biological fixation of atmospheric nitrogen. Bulletin of the Chechen State University named after A.A. Kadyrov. 2017;3(27):31-34 (in Russian)]
5. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Альянс, 2014. 315 с. [Dospekhov B.A. Methodology of field experiment (with the basics of statistical processing of research results). Moscow: Alliance, 2014;315 p. (in Russian)]
6. Завалин А.А., Соколов О.А. Потоки азота в агроэкосистеме: от идей Прянишникова до наших дней. М.: ВНИИА, 2016. 591 с. [Zavalin A.A., Sokolov O.A. Nitrogen fluxes in the agroecosystem: from Pryanishnikov's ideas to the present day. Moscow: VNIIA, 2016;591 p. (in Russian)]
7. Ковда В.А. Биохимия почвенного покрова. М.: Наука, 1985. 262 с. [Kovda V.A. Biochemistry of soil cover. Moscow: Nauka, 1985;262 p. (in Russian)]
8. Кураченко Н.Л., Бопп В.Л. Режим нитратного азота в черноземе при возделывании многолетних трав // Аграрный научный журнал. 2022. № 9. С. 29-33. [Kurachenko N.L., Bopp V.L. The mode of nitrate nitrogen in chernozem during the

- cultivation of perennial grasses. *Agrarian Scientific Journal*. 2022;9:29-33 (in Russian)] doi.org/10.28983/asj.y2022i9
9. Лошаков В.Г. Севооборот и плодородие почвы. М.: ВНИИА, 2012. 512 с. [Loshakov V.G. Crop rotation and soil fertility. Moscow: VNIIA, 2012;512 p. (in Russian)]
 10. Навольнева Е.В., Соловиченко В.Д., Ступак А.Г. Питательный режим чернозёма типичного // Актуальные проблемы почвоведения, экологии и земледелия: Сборник докладов научно-практической конференции с Международным участием Курского отделения МОО «Общество почвоведов имени В.В. Докучаева». 2016. С. 212-216. [Navolneva E.V., Solovichenko V.D., Stupakov A.G. Nutritional regime of typical chernozem. In: Actual problems of soil science, ecology and agriculture: Collection of reports of a scientific and practical conference with International participation of the Kursk branch of the NGO "Society of Soil Scientists named after V.V. Dokuchaev" (April 22, 2016, Kursk, Russia). Kursk: All-Russian Scientific Research Institute of Agriculture and Soil Erosion Protection, Russian Agricultural Academy, 2016;212-216 (in Russian)]
 11. Соловьев А.В., Сидорова Ю.В. Роль химического элемента калия в питании и жизни растений // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. 2022. № 41(46). С. 59-64. [Solovyov A.V., Sidorova Yu.V. The role of the chemical element potassium in nutrition and plant life. *Bulletin of the Russian State Agrarian Correspondence University*. 2022;41(46):59-64 (in Russian)]
 12. Турусов В.И., Коновалова Е.Я. Влияние элементов биологизации на структуру микробного ценоза почвы в различных севооборотах // Плодородие. 2023. № 5(134). С. 87-90. [Turusov V. I., Konovalova E.Ya. The influence of biologization elements on the structure of microbial cenosis of soil in various crop rotations. *Fertility*. 2023;5(134):87-90 (in Russian)] doi.org/10.25680/S19948603.2023.134.22
 13. Шафран С.А., Кирпичников Н.А. Научные основы прогнозирования содержания подвижных форм фосфора и калия в почвах // Агрохимия. 2019. № 4. С. 3-10. [Shafran S.A., Kirpichnikov N.A. Scientific foundations of forecasting the content of mobile forms of phosphorus and potassium in soils. *Agrochemistry*. 2019;4:3-10 (in Russian)] doi.org/10.1134/S0002188119040112
 14. Шеуджен А.Х., Перепелин М.А. Азот и круговорот его в природе // Рисоводство. 2021. № 4(53). С. 86-92. [Sheudzhen A.Kh., Perepelin M.A. Nitrogen and its circulation in nature. *Rice growing*. 2021;4(53):86-92 (in Russian)] doi.org/10.33775/1684-2464-2021-53-4-86-92
 15. Baligar V.C., Bennett O.L. NPK-fertilizer efficiency. A situation analysis for the tropics. *Fert. Res.*1986;10:147-163. doi.org/10.1007/BF01074369
 16. Doran J.W., Smith M.S. Organic matter management and utilization of soil and fertilizer nutrients. In: *Soil Fertility and Organic as Critical Component of production Systems*. Soil Science Society of America: Special Publication, 1987;19:53-72.
 17. Mengel R.D., Nelson D.W., Nuber D.M. Placement of nitrogen fertilizers for no-till and conventional till corn. *Agron.* 1982;74:515-518. doi.org/10.2134/ agronj1982.00021962007400030026x
 18. Reichel R., Wei J., Wissel H., Brüggemann N., Islam M.S., Schmid C., Schröder P., Schloter M. Potential of wheat straw, spruce sawdust, and lignin as high organic carbon soil amendments to improve agricultural nitrogen retention capacity: an incubation study. *Frontiers in Plant Science*. 2018. V. 9. P. 900. doi.org/10.3389/fpls.2018.00900
 19. Zihlmann U., Weisskopf P., Muller M., Schafflutz R. Dynamique de l'azote dans les sols sous semis direct ou sous labour. *Rev.suisse agr.*, 2006;38,5:262-268.

Виктор Иванович Турусов

Заведующий лабораторией эколого-ландшафтных севооборотов, главный научный сотрудник
E-mail: turusoffvik@yandex.ru

Victor Ivanovich Turusov

Head of the Laboratory of Ecological and Landscape Crop Rotations, Chief Researcher
E-mail: turusoffvik@yandex.ru

Ольга Владимировна Говорова

Младший научный сотрудник лаборатории эколого-ландшафтных севооборотов
E-mail: sevooborot-150@yandex.ru

Olga Vladimirovna Govorova

Junior Researcher at the Laboratory of Ecological and Landscape Crop Rotations
E-mail: sevooborot-150@yandex.ru

Елена Яковлевна Коновалова

Младший научный сотрудник лаборатории эколого-ландшафтных севооборотов
E-mail: e.konovalova2003@gmail.com

Elena Yakovlevna Konovalova

Junior Researcher at the Laboratory of Ecological and Landscape Crop Rotations
E-mail: e.konovalova2003@gmail.com

Борис Васильевич Черенков

Младший научный сотрудник лаборатории эколого-ландшафтных севооборотов
E-mail: cherenkovBV@yandex.ru

Boris Vasilyevich Cherenkov

Junior Researcher at the Laboratory of Ecological and Landscape Crop Rotations
E-mail: cherenkovBV@yandex.ru

Все: ФГБНУ «Воронежский федеральный аграрный научный центр им. В.В. Докучаева»
397463, Россия, Таловский р-н, Воронежская обл., пос. 2 участка Института им. В.В. Докучаева, квартал 5, дом 81

All: FSBSI Voronezh Federal Agrarian Scientific Center named after V.V. Dokuchaev,
house 81, block 5, village 2 of the site of the V.V. Dokuchaev Institute, Voronezh region, Talovsky district, 397463, Russia

DOI 10.33775/1684-2464-2026-70-1-87-93
 УДК 631.46: 633.174. 633.62,576. 851,13.576.80

Кизинёк С.В., д-р с.-х. наук,
Тараненко В.В., канд. с.-х. наук,
Шарифуллин Р.С., канд. с.-х. наук
 г. Краснодар, Россия

ПОЖНИВНЫЕ ПОСЕВЫ СОРГО ЗЕРНОВОГО В ЗАПАДНОМ ПРЕДКАВКАЗЬЕ

Представлен материал по оценке продуктивности, пластичности и стабильности урожая зернового сорго российской селекции в условиях рисовой зоны Краснодарского края в 2019-2022 гг. Длительные исследования показали, что сорговые культуры в силу своих биологических особенностей эффективно используют условия внешней среды, характерные для региона и изменяющиеся вследствие аридизации климата, дают стабильный урожай и производят ощутимое фитомелиоративное воздействие на почвы, теряющие плодородие. Возрастающие суммы эффективных температур увеличивают продолжительность вегетационного периода. С этой точки зрения представляет большой практический интерес изучение в производственных условиях экспериментов по эффективности пожнивных посевов сорговых культур. Производственные испытания шести сортов зернового сорго: Великан, Орловское, Зерста 97, Ким, Зерноградское 88, Круста показали, что при пожнивном их возделывании, независимо от складывающихся условий вегетации, зерновое сорго завершает период вегетации и формирует полноценный урожай. В силу своих биологических особенностей сорта способны эффективно использовать условия внешней среды, характерные для региона и давать стабильный урожай. Возделывание особо важно в условиях засушливого и полусушливого климата, так как комплекс морфологических признаков и биологических особенностей определяет эти культуры как засухоустойчивые и жаровыносливые. Сорго можно использовать в случае гибели озимых и ранних яровых, как страховую культуру. Будучи растением теплолюбивым и требующим позднего срока сева, возделывать его можно, как пожнивную культуру в рисовом севообороте. Важная хозяйственная особенность сорго – малая норма посева и высокий коэффициент размножения. С этой точки зрения большой практический интерес представляет изучение морфологических и биологических особенностей и оценка продуктивности перспективных сортов и гибридов сорговых культур с целью внедрения их в рисовый севооборот хозяйств.

Ключевые слова: сорго (Sorghum), сорт, структура урожая, качество зерна.

POST-HARVEST CROPS OF GRAIN SORGHUM IN THE WESTERN CISCAUCASIA

The article presents the results of an assessment of the productivity, plasticity, and yield stability of Russian-bred grain sorghum in the rice growing zone of Krasnodar region in 2019–2022. Long-term studies have shown that sorghum crops, due to their biological characteristics, effectively utilize environmental conditions typical for the region and changing due to climate aridization, produce a stable yield and have a noticeable phytomeliorative effect on soils losing fertility. Increasing effective temperature sums extend the growing season. From this perspective, it is of great practical interest to study the efficiency of post-harvest sorghum crops under production conditions. Production tests of six varieties of grain sorghum: Velikan, Orlovskoe, Zersta 97, Kim, Zernogradskoe 88, Krusta showed that with post-harvest cultivation, regardless of the prevailing vegetation conditions, grain sorghum completes the growing season and forms a full-fledged yield. Due to their biological characteristics, they are able to effectively utilize the region's environmental conditions and produce a stable yield. Their cultivation is especially important in arid and semi-arid climates, as a combination of morphological and biological traits makes these crops drought-resistant and heat-tolerant. Sorghum can be used as an insurance crop in the event of winter and early spring crop failure. Being a heat-loving plant requiring late sowing, it can be grown as a post-harvest crop in rice crop rotation. An important economic advantage of sorghum is its low seeding rate and high propagation rate. From this point of view, the study of morphological and biological characteristics and the assessment of the productivity of promising varieties and hybrids of sorghum crops with the aim of introducing them into the rice crop rotation in farms is of great practical interest.

Key words: sorghum (Sorghum), variety, yield structure, grain quality.

Введение

В последнее десятилетие происходят изменения климата, приводящие к частым проявлениям воздушных и почвенных засух на континентах планеты. Наибольший ущерб яровым культурам приносят длительные засухи в летний период. Сорго отличается исключительной засухо- и жаростой-

костью [10]. Характерной особенностью культуры является способность впадать в состояние покоя в неблагоприятный период и возобновлять развитие и рост растений при наступлении благоприятных условий. Это значит, что, когда температура окружающей среды поднимается больше 35 °С, сорго на 30–55 дней приостанавливает свой рост

(впадает в анабиоз). Таким образом, сорго приспособилось выживать в условиях дефицита влаги и экстремально высоких температур. При выпадении малейших осадков (роса, туман и т. д.) сорго трогается в рост со скоростью до 5 см в сутки. В это же время кукуруза и другие культурные растения выгорают, в том числе и дикорастущие полевые растения. Обладая свойством анабиоза, сорго способно давать урожай в самые засушливые годы и обеспечивать хозяйство продукцией [9].

К почве сорго не требовательно, произрастает как на легких песчаных, так и тяжелых глинистых почвах [5, 6].

Сорго является одной из древних культур в мировом земледелии. По общей площади посевов среди зерновых культур сорго занимает пятое место после пшеницы, риса, кукурузы и ячменя. Это универсальная сельскохозяйственная культура и отличается большим разнообразием форм: зерновое, сахарное, травянистое и техническое [11]. В Российской Федерации сорговые культуры используются в основном для производства зернофуража, моноорма, силоса, сена, сенажа и травяной муки, а также применяется в пищевой и перерабатывающей промышленности.

Сорго получило высокую оценку не только как урожайная засухоустойчивая культура, но и как культура, имеющая прекрасные кормовые качества. Зерно можно использовать в рационах крупного рогатого скота, свиней, лошадей, кроликов, сельскохозяйственной птицы и прудовых рыб. Корма из сорго положительно влияют на их рост и развитие, обеспечивают высокий уровень продуктивности и хорошее качество продуктов животноводства [1, 3, 12]. При правильном выборе сортов и гибридов сорго зерновое способно формировать высокие и стабильные по годам урожаи зерна с высоким качеством. Для успешного внедрения и расширения посевных площадей необходимо создание раннеспелых, высокоурожайных сортов и гибридов, обладающих высоким качеством зерна и приспособленных к почвенно-климатическим условиям зоны выращивания [2, 7].

Современные сорта сорго должны отвечать ряду требований: высокая и стабильная урожайность, устойчивость к неблагоприятным факторам произрастания, болезням и вредителям, приспособленность к механизированной уборке (высота растений – не более 130 см, хорошая выдвинутость ме-

телки), высокое качество продукции.

Цель исследований

Оценить эффективность выращивания сорго зернового в качестве пожнивной культуры после уборки зерновых озимых культур.

Материалы и методы

Исследования проводили в условиях полевого опыта (2019-2022 гг.) на базе ФГБУ «Рисоводческий племенной завод «Красноармейский» имени А.И. Майстренко» – филиал ФГБНУ «ФНЦ риса».

Территория Краснодарского края благодаря своему географическому положению получает достаточно много тепла: продолжительность солнечного сияния составляет 2200-2400 часов в год, количество суммарной радиации колеблется в пределах 115-120 ккал/см². Западный (рисовый) агроклиматический район характеризуется умеренным увлажнением, за год здесь выпадет до 500-650 мм осадков.

По результатам производственных исследований – почва опытного участка лугово-черноземовидная, выщелоченная, мощность гумусового профиля в среднем 110 см, содержание гумуса 2,3 % по Тюрину, pH водной вытяжки – 6,3, ёмкость поглощения оснований 32 мг/экв. на 100 г почвы, гранулометрический состав – тяжёлые суглинки. Объёмная масса в слое 0-20 см – 1,35 г/см³, 20-30 см – 1,43 г/см³, 40-60 см – 1,37 г/см³, 60-80 см – 1,40 г/см³, 80-100 см – 1,45 г/см³.

Погодные условия вегетационного периода приведены с момента посева на рисунках 1 и 2. Они отличались от среднеевропейских, были типичными для последнего десятилетия и не имели критических периодов для вегетации культуры сорго зернового.

По данным метеостанции г. Славянска-на-Кубани, погодные условия в годы проведения опытов (2019–2022 гг.) были крайне неоднородными, что позволило оценить устойчивость сорго зернового к разнообразным абиотическим стрессам. За годы исследований наибольшие значения температуры воздуха в течение вегетационного периода произрастания растений сорго отмечалась в июле, августе и сентябре. Самая высокая температура наблюдалась в 2020 г. и превышала среднеевропейские значения на 10 °C (рис. 1).

Анализ метеорологических условий показывает устойчивую тенденцию увеличения суммы активных температур что может оказать влияние на продолжительность вегетационного периода (табл. 1).

Таблица 1. Метеорологические условия вегетационного периода сорго

Год	Осадки		Сумма активных температур	
	мм	% от среднеевропейских	°C	% от среднеевропейских
2019	384,6	103	3296	124
2020	95	31	3907	146
2021	338,7	116	3095	116
2022	253,9	87	3523	132

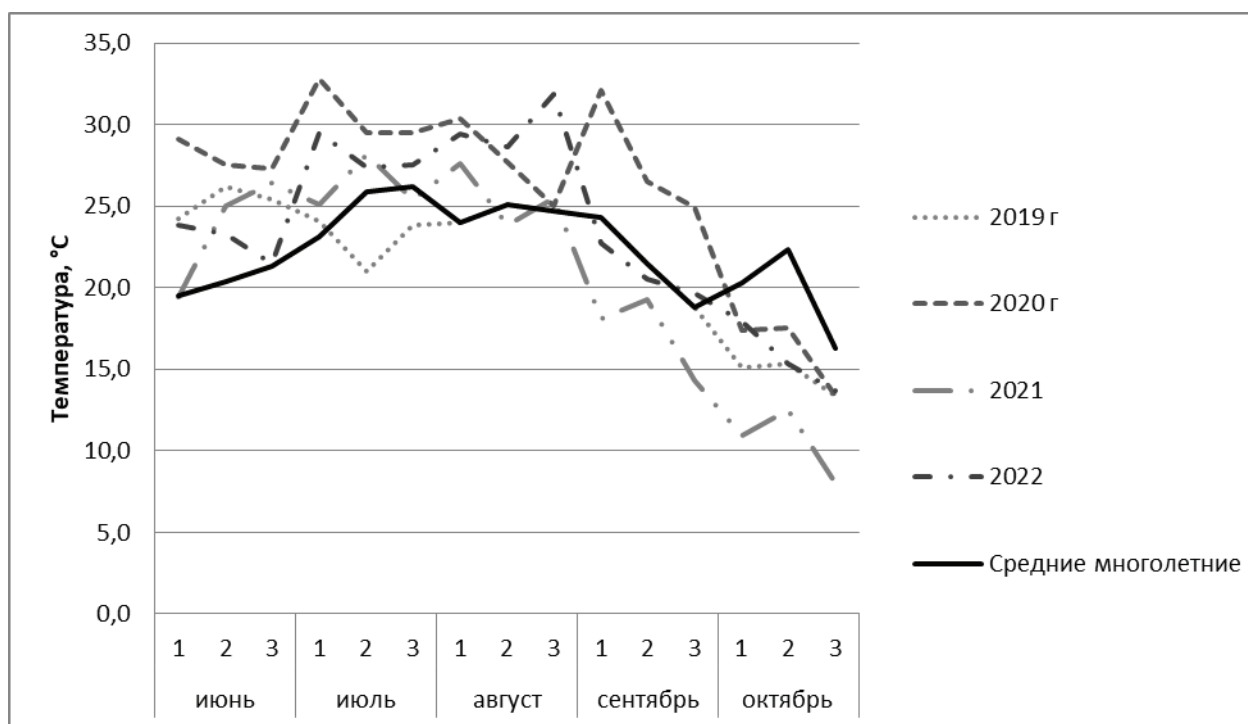


Рисунок 1. Температура воздуха вегетационного периода 2019-2022 гг. (°C)

Выпадение осадков не вызывало периодов дефицита влаги и отрицательной реакции растений сорго за исключением 2020 года исследований. По-видимому, в условиях острого

дефицита влаги благодаря мощной корневой системе растения сорго сохранили листья и активизировали фотосинтетическую деятельность (рис. 2).

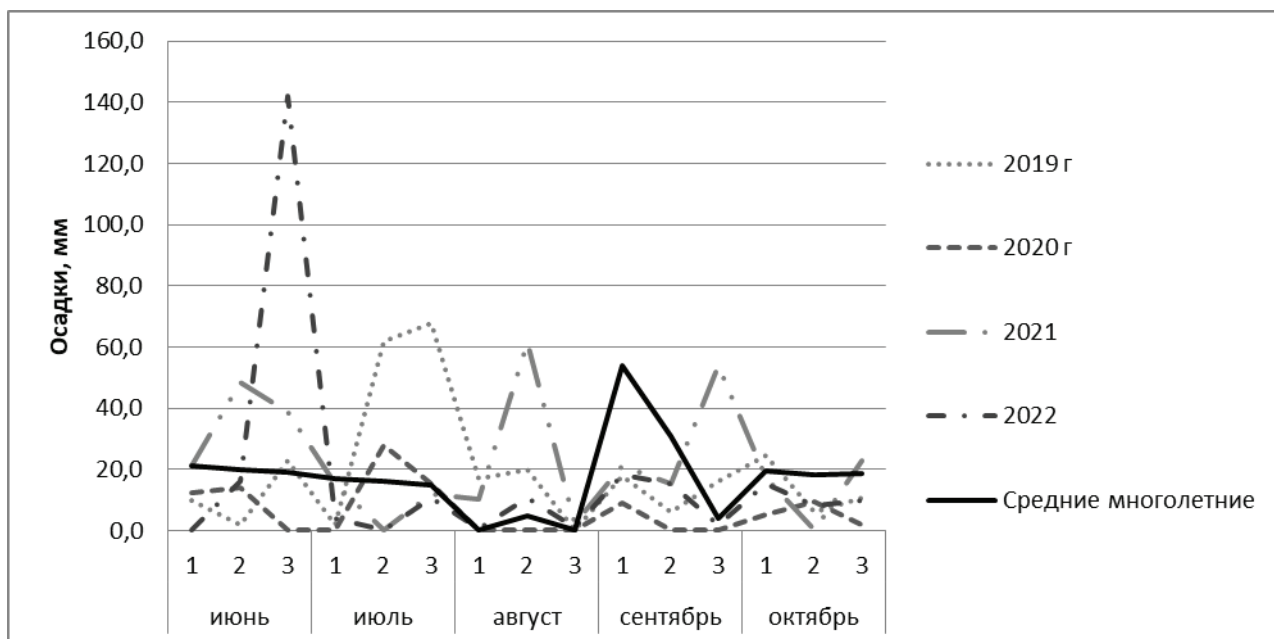


Рисунок 2. Количество осадков за вегетационный период 2019-2022 гг. (мм)

Объектом испытаний было шесть сортов зернового сорго отечественной селекции: Великан, Орловское, Зерста 97, Ким, Зерноградское 88 и Круста со среднеранним вегетационным периодом 100-115 дней.

Описание сорта сорго зернового Великан. Сорт

относится к виду сорго хлебного. Сорт раннеспелый (период от всходов до полной спелости зерна 95-100 дней), сухостебельный, высота растений 130-135 см. Метёлка пирамидальная, белая, слабоопушенная, прямостоячая, рыхлая, длиной 26-30 см, массой 30-32 г, выдвинутость ножки метел-

ки 8-10 см. Зерно округло-эллиптической формы, серовато-белое, легко вымолачивается. Масса 1000 зёрен – 24-25 г.

Направление использования и качество зерна: используется для получения крахмала и спирта, зерно хорошо поедается сельскохозяйственными животными и птицей. Содержание белка в зерне – 11,8-13,2 %, крахмала – 75-77%, жира – 3,5-4,3 %. В 100 кг зерна содержится 124-125 кормовых единиц. Устойчив к болезням, климатическим условиям, к полеганию, поражению болезнями и повреждению злаковой тлей, засухоустойчив.

Основные достоинства: является одним из лучших сортов для производства крахмала и спирта. Раннеспелый, голозерный, с высоким качеством зерна, с хорошо выдвинутой ножкой метелки. Допущен к использованию по Нижневолжскому региону РФ. Урожайность зерна за годы испытаний (2015-2018 гг.) составила 52-56 ц/га.

Описание сорта сорго зернового Орловское. Сорт относится к виду сорго кафрского. Высота растений – 110-115 см. Метёлка прямостоячая симметричная, средней плотности, длиной 25-28 см, зерновка светло-коричневая, хорошо вымолачивается. Масса 1000 зёрен – 18-24 г. Сорт раннеспелый: период вегетации очень короткий, от всходов до полной спелости 85-90 дней, что позволяет использовать его в поукосных посевах. Не образует подгонов и не требует досушки зерна после уборки. Предназначен для использования на зерно в зонах с выпадением осадков 250-350 мм в год и суммой температур 2500-3000°C. Содержание белка в зерне 11,0-12,8 %, крахмала 74-76 %. В 100 кг зерна содержится 122-123 кормовых единиц. Устойчив к полеганию и поражению пыльной головней. Пластичный, засухоустойчивый и холодостойкий в начальный период роста.

Допущен к использованию по Нижневолжскому региону РФ. Урожайность зерна за годы испытаний (2015-2018 гг.) составила 45-49 ц/га.

Описание сорта сорго зернового Зерста 97. Включен в Госреестр по Северо-Кавказскому (6) региону. Среднеранний. Всходы зеленые. Лист зеленый. Сорт среднерослый. Выметывание раннее. Метелка симметричная, прямостоячая, плотная, средней длины. Длина шейки средняя. Колосковые чешуи при созревании красновато-коричневые. Зерно эллиптическое, белое, на 3/4 стекловидное. Масса 1000 зёрен 23,2-30,3 г. Средняя урожайность зерна в регионе – 21,5 ц/га, на уровне среднего стандарта. Устойчивость к полеганию высокая. Засухоустойчивость на уровне стандартов. Бактериальной пятнистостью поражался слабо. Среднее повреждение злаковой тлей.

Описание сорта сорго зернового Ким. Включён в Госреестр по Северо-Кавказскому (6) региону. Среднеспелый сорт. Антоциановая окраска всхо-

дов отсутствует или очень слабая. Зерно голое, без плёнок, округлое, в профиль эллиптическое, светло-жёлтое, эндосперм на 3/4 стекловидный. Масса 1000 зёрен – 23,5 г. Максимальная урожайность была получена в Ростовской области в 2014 году, она составила 41,6 ц/га. Средняя урожайность в регионе составила 25,9 ц/га. Содержание белка в сухом зерне составляет 11,8 %, крахмала – 74,8 %, жира – 4,3 %. Зерно рекомендуется использовать для получения крахмала и спирта в производстве зернофуражных кормов, которые хорошо поедаются всеми видами животных и птицей.

Описание сорта сорго зернового Зерноградское 88. Включен в Госреестр по Северо-Кавказскому (6) региону. Раннеспелый. Относится к виду хлебного сорго. Антоциановая окраска всходов отсутствует или очень слабая. Время выметывания раннее. Метелка симметричная, длинная, опушенная, прямостоячая, при созревании средней плотности. Шейка метелки длинная, ости нижней цветковой чешуи средние. Содержание в зерне белка, крахмала и жира на уровне стандарта. Масса 1000 зёрен – 26,2 г. Сорт низкорослый, устойчивый к полеганию, с высоким содержанием протеина, крахмала. Средняя урожайность в регионе 29 ц/га, выше среднего стандарта на 2,8 ц/га. Максимальная урожайность 61,9 ц/га была получена на Ставропольской ГСС в 2011 г. Сорт предназначен для пищевых (крахмал, спирт) и кормовых целей.

Описание сорта сорго зернового Круста. Включен в Госреестр по Нижневолжскому (8) региону. Среднеспелый. Антоциановая окраска всходов отсутствует или очень слабая. Листья зеленые. Время выметывания среднее. Растение средней высоты. Метелка симметричная, средней длины, при созревании – плотная. Шейка метелки очень короткая. Колосковые чешуи короткие, при созревании красновато-коричневые. Зерно эллиптическое, со спины округлое, сероватое, эндосперм на 3/4 стекловидный. Масса 1000 зёрен – 19,1-28,2 г. Сорт может быть использован для производства крупы. Средняя урожайность зерна в регионе – 18,7 ц/га, выше среднего стандарта на 1,9 ц/га. Рекомендуется для возделывания в Волгоградской области. Устойчивость к полеганию хорошая. Засухоустойчивость выше средней. Степень поражения бактериальной пятнистостью средняя.

В годы проведения опытов агротехнические мероприятия были примерно одинаковыми. После уборки ячменя озимого (предшественник сорго) выполнялось двукратное лущение стерни. Затем осуществляли движкование для выравнивания поверхности поля и придания почве мелкокомковатого агрегатного состояния. Посев сортов зернового сорго проводили в третьей декаде июня во все годы исследований на глубину почвы 4-5 см. Для посева использовали сеялку СУПН-8 пунктир-

ного сева с шириной междурядий 70 см. Нормы высева семян 300 тыс. шт/га.

Семена испытываемых сортов относились к первому классу. Сортная чистота составляла 96-98 %, всхожесть 88-91 %, удобрения не вносились.

Уход за посевом сочетал в себе внесение гербицидов и две культивации. Расположение делянок в опыте – систематическое. Учётная площадь делянки – 1000 м², повторность четырёхкратная.

Учёт урожая проводили в период полного созревания зерна поделочно методом сплошной уборки во всех вариантах и повторностях с последующим пересчётом на зерно стандартной влажности (14 %).

Статистическую обработку полученных в опыте данных проводили методом дисперсионного анализа (Доспехов Б. А.) с использованием программ Microsoft Excel 2010 и Statistica [4].

Содержание крахмала, сырого белка, жира и клетчатки в зерне сорго определяли на инфракрасном анализаторе зерна SpectraStar 2200.

Биометрические показатели рассчитывали на основании 100 отобранных растений по каждому сорту. Учёт урожая зелёной массы растений сор-

го был проведён на пробных площадках (1 м²) равномерно расположенных по площади делянки [12].

Результаты и обсуждение

Исследования подтверждают, что пожнивное выращивание зернового сорго позволяет получить вызревший урожай, по сравнению с весенними посевами, но в результате меньшего количества активных температур, продуктивность их снизилась на 15-29 %.

Результаты учёта урожая, представленные в таблицах 2-4, подтверждают возможность пожнивного выращивания зернового сорго на юге России.

Предварительные исследования позволяют утверждать, что биометрические показатели сортов не изменились при выращивании сорго во второй половине вегетационного периода. Урожайность изначально оказалась ниже на 20-25 %. Качество зерна менялось в зависимости от погодных условий при испытании сортов сорго зернового. Масса 1000 а. с. з. изучаемых сортов была наибольшей у сорта Зерста 97 и составила 25,4 г. Минимальное значение отмечено у сорта Ким - 20,1 г (табл. 2).

Таблица 2. Продуктивность сортов пожнивного зернового сорго в рисовом севообороте после ячменя озимого (среднее за 2019-2022 гг.)

Показатель	Великан	Орловское	Зерста 97	Ким	Зерноградское 88	Круста
Высота растений, см	129,2	135,5	112,3	91,2	88,4	107,4
Масса растения, г	190,0	140,8	235,4	125,3	205,2	163,6
Количество листьев на растении, шт.	7,0	6	6,2	7,1	7,6	7,4
Длина метёлки, см	32,3	29,2	17,6	28,7	22,8	16,2
Масса зерна в метёлке, г	50,7	41,2	31,8	35,6	22,8	18,8
Количество зёрен в метёлке, шт.	1350	1390	987,4	876,5	1170	709,2
Масса 1000 зёрен, г	22,1	21,4	25,4	20,1	23,4	21,8

Урожай пожнивной культуры сорго зернового 2019, 2021, 2022 вегетационных периодов формировался большей частью при благоприятных условиях. Как отмечалось выше в таблице 1 условия сезона 2020 г. были менее благоприятны по количеству выпавших осадков. Все сорта сорго смогли сформиро-

вать полноценное зерно и урожай зелёной массы. В среднем за годы испытаний максимальную урожайность сформировал сорт Великан – 26,6 ц/га зерна и 537,2 ц/га зелёной массы. Урожайность зерна сорго варьировала по вариантам опыта и годам вегетации пожнивной культуры (табл. 3).

Таблица 3. Пожнивная урожайность зернового сорго, ц/га

Сорт	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	Среднее
Великан	27,3	26,1	25,0	27,8	26,6
Орловское	27,5	23,0	24,4	26,3	25,3
Зерста 97	25,4	20,7	21,6	23,4	22,8
Ким	23,6	19,2	22,0	21,5	21,6
Зерноградское 88	23,3	20,7	22,0	22,6	22,2
Круста	22,5	20,0	21,4	21,1	21,3
НСР ₀₅	0,4	0,2	0,5	0,2	-

Урожайность зелёной массы изучаемых сортов сорго зернового зависела от высоты растений,

продолжительности вегетационного периода и облиственности стебля (табл. 4).

Таблица 4. Пожнивная урожайность зелёной массы, ц/га

Сорт	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	Среднее
Великан	560,5	510,7	534,0	543,4	537,2
Орловское	372,0	321,8	420,3	430,0	386,0
Зерста 97	284,3	204,1	302,5	228,0	254,8
Ким	250,4	163,8	220,8	187,5	205,6
Зерноградское 88	548,6	411,4	447,0	565,0	493,0
Круста	162,0	124,2	144,2	138,5	142,2
НСР ₀₅	5,2	1,6	2,2	3,5	-

Большое внимание уделяется не только повышению урожайности, но и улучшению качества урожая. Количественные показатели содержания белка и крахмала

в зерне шести сортов сорго характеризуют сортовые особенности и влияние погодных условий года в определении питательных свойств зерна (табл. 5).

Таблица 5. Качественные показатели зерна сорго зернового, %

Сорт	Показатель	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	Среднее
Великан	общий азот	2,3	2,5	2,2	2,1	2,3
	белок	12,1	13,8	13,0	12,8	12,9
	крахмал	69,2	70,0	67,4	66,5	68,8
	жир	2,8	3,7	3,2	3,0	3,2
	клетчатка	2,1	2,3	2,0	1,8	2,0
Орловское	общий азот	2,6	2,5	2,4	2,2	2,4
	белок	11,6	12,5	12,2	12,0	12,1
	крахмал	70,0	73,1	69,7	68,0	70,2
	жир	2,2	2,4	2,1	2,2	2,2
	клетчатка	2,6	2,8	2,5	2,5	2,6
Зерста 97	общий азот	2,4	2,3	2,0	2,5	2,3
	белок	12,5	13,8	12,6	11,8	12,7
	крахмал	53,3	58,0	63,4	57,6	58,1
	жир	2,6	2,3	3,2	2,5	2,7
	клетчатка	1,5	1,7	1,5	1,5	1,6
Ким	общий азот	2,5	2,4	2,1	3,0	2,5
	белок	14,0	13,4	14,4	12,8	13,7
	крахмал	60,8	65,4	66,4	55,6	62,1
	жир	3,3	3,8	2,8	3,2	3,3
	клетчатка	1,7	2,6	1,5	3,7	2,4
Зерноградское 88	общий азот	2,7	2,8	2,7	2,3	2,6
	белок	12,0	15,5	13,4	14,2	13,8
	крахмал	64,8	66,0	69,7	67,1	66,9
	жир	2,8	3,0	3,1	3,2	3,0
	клетчатка	1,4	2,1	1,6	1,8	1,7
Круста	общий азот	2,0	2,3	2,1	2,9	2,3
	белок	14,0	14,5	14,7	14,2	14,4
	крахмал	65,3	67,0	67,3	66,0	66,4
	жир	3,1	3,3	3,6	2,9	3,2
	клетчатка	2,8	2,0	2,6	3,1	2,6

Выводы

Проведённый эксперимент показал, что использование зернового сорго в качестве пожнивной культуры позволяет получать второй урожай качественного зерна и зелёной массы растений, которые можно использовать в силосовании для получения качественного корма для животных. Поражения тлей и болезнями (красный бактериоз и краснуха листьев) были изначально ниже, чем при выращивании в обычные сроки. Сорговые культуры, как

известно, являются хорошим фитомелиорантом, устраняя избыточное уплотнение всего почвенного профиля, что увеличивает полезную эффективность возделывания сорго в рисовом севообороте.

В дальнейших исследованиях необходимо использовать другие сорта с плотной метёлкой и более высокой урожайностью и определить последствия возделывания сорго по устранению высокой плотности почвы в мелиоративной зоне, имеющей устойчивую тенденцию увеличения.

Литература/References

1. Антимонина О.Н., Сыркина Л.Ф., Антимонов А.К. питательная ценность кормов из сахарного и зернового сорго в одновидовых и совместных компонентах // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса*. 2024. №3 (75). С. 63-70. [Antimonova O.N., Syrkina L.F., Antimonov A.K., Nutritional value of feeds from sugar and grain sorghum in single-species and joint components. *Bulletin of the Lower Volga Agrarian University Complex*. 2024;3(75):63-70 (in Russian)]. doi org/ 10.32786/2071-9485-2024-03-07
2. Верхоламочкин С.В. Формирование высокопродуктивных посевов сорго кормового в условиях центрального региона России: диссертация на соискание ученой степени канд. с.-х. наук: 16.09.22 Брянск, 2022. 130 с. [Verkholamochkin, S. V. Formation of highly productive crops of forage sorghum in the conditions of the central region of Russia: 09.16.22 Bryansk, 2022;130 p. (in Russian)]
3. Горлов И.Н., Калинина Е.Г., Струк О.В., Дробязко К.Н. Зерно сорго и нута в комбикормах для несушек // *Животноводство России. Птицеводство*. 2024. С. 13-16 [Gorlov I.N., Kalinina E.G., Struk O.V., Drobyazko K.N. Sorghum and chickpea grain in compound feed for layers. *Animal Husbandry of Russia. Poultry Farming*, 2024;13-16 (in Russian)]
4. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Альянс, 2011. 352 с. [Dospikhov B. A. Methodology of field experiment (with the basics of statistical processing of research results). Moscow: Alliance, 2011;352 p. (in Russian)]
5. Кизинёк С.В. Белоусов В.С., Ачканов А.Я., Тараненко В.В., Шарифуллин Р.С. Особенности солевого режима почв мелиоративной зоны в дельте Кубани // *Рисоводство*. 2020. № 3 (48). С. 78-83 [Kizinek S.V., Belousov V.S., Achkanov A.Ya., Taranenko V.V., Sharifullin R.S. Features of the salt regime of soils of the melioration zone in the Kuban delta. *Rice growing*. 2020;3 (48):78-83 (in Russian)]
6. Кизинек С.В. Тараненко В.В., Белоусов В.С., Шарифуллин Р.С. Испытание сорговых культур в условиях рисового севооборота // *Рисоводство*. 2021. № 2 (51). С. 34-37. [Kizinek S.V., Taranenko V.V., Belousov V.S., Sharifullin R.S. Testing sorghum crops in rice crop rotation conditions. *Rice growing*. 2021;2 (51):34-37 (in Russian)]
7. Ковтунов, В. В. Селекционно-генетические аспекты повышения урожайности и улучшения качества зерна сорго зернового: диссертация на соискание учёной степени доктора с.-х. наук: 14.04.24 М., 2024. 41 с. [Kovtunov, V. V. Breeding and genetic aspects of increasing yield and improving the quality of grain sorghum: Dr's thesis: 14.04.24 Moscow, 2024;41 p. (in Russian)].
8. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып 1. Общая часть. М.: Колос, 1971. 249 с. [Methodology of state variety testing of agricultural crops. Part 1. General part. Moscow: Kolos, 1971. 249 p. (in Russian)]
9. Сорго: новая жизнь культуры // *Аграрный сектор*. 2022. № 4 (46). [Sorghum: A New Life for a Crop. *Agrarian Sector*.2022;4(46) (in Russian)]
10. Chadalavada K., Kumari B. D. R., Kumar T. S. Sorghum mitigates climate variability and change on crop yield and quality. *Planta*. 2021;253,5:113.
11. Espitia-Hernández P., Chávez González ML, Ascacio-Valdés JA, Dávila-Medina D, Flores-Naveda A, Silva T, Ruelas Chacón X, Sepúlveda L. Sorghum (*Sorghum bicolor* L.) as a potential source of bioactive substances and their biological properties. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2022;62,8:2269-2280.
12. Lin H., Bean S. R. Qualitative and quantitative analysis of sorghum grain composition including protein and tannins using ATR-FTIR spectroscopy. *Food Analytical Methods*. 2021;t.14,2:268-279.

Сергей Владимирович Кизинёк

Директор

E-mail: rgpzkr@mail.kuban.ru

Рисоводческий племенной завод
«Красноармейский» имени А.И. Майстренко
353814, Краснодарский край, Красноармейский район, посёлок Октябрьский, ул. Красная, д. 33

Sergey V. Kizinek

Director

E-mail: rgpzkr@mail.kuban.ru

Krasnoarmeysky Rice Breeding Farm named after A.I. Maistrenko
33 Krasnaya St., Oktyabrsky settlement, Krasnoarmeysky district, Krasnodar Territory, 353814, Russia

Виктор Владимирович Тараненко

Научный сотрудник лаборатории регуляторов роста растений

E-mail: viktaranen@rambler.ru

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт биологической защиты растений»
350039, Россия, г. Краснодар, 39

Viktor V. Taranenko

Researcher, Laboratory of Plant Growth Regulators

E-mail: viktaranen@rambler.ru

FSBSI «All-Russian Research Institute of Biological Plant Protection»
39, Krasnodar, 350039, Russia

Раис Саидович Шарифуллин,

Старший научный сотрудник лаборатории агрохимии и почвоведения

E-mail: Sharifullinrais@yandex.ru

ФГБНУ «ФНЦ риса»
350921, Краснодар, пос. Белозерный, 3

Rais S. Sharifullin

Senior Researcher, Laboratory of Agrochemistry and Soil Science

E-mail: Sharifullinrais@yandex.ru

FSBSI «FSC of rice»
3, Belozerni, Krasnodar, 350921, Russia

DOI 10.33775/1684-2464-2026-70-1-94-99
УДК 631.452, 631.459

Гергель В.В.,
Гергель И. А.
г. Краснодар, Россия

РАЦИОНАЛИЗАЦИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РИСОВЫХ ПОЛЕЙ И СОХРАНЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ИХ ПЛОДОРОДИЯ (ОБЗОР)

В условиях интенсификации выращивания риса и увеличения расходов на его возделывание, для устойчивого развития рисоводства первостепенное значение имеет выбор способов и рационализация подходов к использованию сельскохозяйственных земель. Важнейшим критерием достижения баланса между экономической эффективностью и экологической устойчивостью является рациональное использование почвенных, водных, климатических и других имеющихся в наличии ресурсов. При разработке направлений оптимизации одной из первостепенных производственных задач является повышение эффективности использования этих объектов, а также разработка способов их охраны и восполнения. Для возделывания риса и сопутствующих культур, важнейшее значение имеет учёт особенностей почв, уровень их плодородия и водный режим, что подтверждается отечественным и зарубежным опытом. Дисбаланс при этом может стать причиной отрицательных изменений, таких как снижение количества гумуса или засоление. Для более эффективного использования почвенных и водных ресурсов, требуется регулярное осуществление мер по капитальной планировке рисовых чеков, реконструкции либо переустройству оросительных систем. Для оптимизации отдельных процессов, происходящих в рисоводстве и реализации принципов рационального развития, существенное значение имеет использование методов мониторинга состояния земель и внедрение научно обоснованных севооборотов, скорректированных под местные природные условия. На полях рисоводческих хозяйств должны проводиться работы по оптимизации водного режима и поддержанию почвенного плодородия, а также своевременный контроль за использованием земель с целью снижения антропогенного воздействия на окружающую среду.

Ключевые слова: рисовые почвы, плодородие, рациональное использование, агроландшафт, засоление, гумус, рисовая оросительная система.

RATIONALIZATION OF THE USE OF RICE FIELDS AND PRESERVATION OF THEIR FERTILITY ELEMENTS (REVIEW)

In the context of the intensification of rice cultivation and increasing the costs of its cultivation, the choice of methods and rationalization of approaches to the use of agricultural land is of paramount importance for the sustainable development of rice farming. The most important criterion for achieving a balance between economic efficiency and environmental sustainability is the rational use of soil, water, climate and other available resources. When developing optimization directions, one of the primary production tasks is to increase the efficiency of using these facilities, as well as to develop ways to protect and replenish them. For the cultivation of rice and related crops, it is essential to take into account the characteristics of soils, their fertility level, and water regime, which is confirmed by domestic and foreign experience. An imbalance can cause negative changes, such as a decrease in the amount of humus or salinization. For more efficient use of soil and water resources of irrigation systems, regular implementation of measures for their reconstruction, capital planning, or, in special cases, their reconstruction is required. To optimize individual processes occurring in rice farming and implement the principles of its rational development, it is essential to use methods for monitoring the condition of lands and the introduction of scientifically based crop rotations adapted to local environmental conditions. In the fields of rice farms, work should be carried out to optimize the water regime and maintain soil fertility, as well as timely monitoring of land use in order to reduce anthropogenic impact on the environment.

Key words: rice soils, fertility, rational use, agricultural landscape, salinization, humus, rice irrigation system.

Современное рисоводство характеризуется высокой степенью интенсификации и постоянным ростом количества произведенной продукции, прежде всего зерна риса. Это обусловлено применением более высокоурожайных сортов, внедрением интенсивных технологий возделывания, в том числе увеличением доз вносимых минеральных удобрений и ассортимента средств химической защиты растений от вредителей, болезней и сорной растительности [8].

Возделывание риса в Краснодарском крае также базируется на реализации дорогостоящих и энергоёмких интенсивных технологий, что, в свою очередь, вносит свой вклад в ухудшение естественных условий, сформировавшейся здесь среды и отдельных ее компонентов, например, почвенного плодородия. На современном этапе развития рисоводства в условиях Кубани пока не достигнута оптимальная степень взаимодействия между природными условиями, использованием и назначе-

нием земель, а также уровнем развития производительных сил. Это зачастую, может быть причиной негативных изменений – снижение количества гумуса, засоление и т. п. Все это обуславливает важность совершенствования и рационализации подходов к использованию сельскохозяйственных земель. Такая деятельность должна включать не только вектор восстановления и поддержания почвенного плодородия, но и учитывать направления охраны и экономного использования водных ресурсов, имеющих ключевое значение в агроэко-системах при возделывании риса [8, 21].

При разработке направлений оптимизации возделывания риса и сопутствующих культур важнейшее значение имеет учёт особенностей почв, находящихся на данной территории, и уровня их плодородия [11]. Любые почвы, используемые под рис, независимо от их генезиса подвергаются значительным изменениям. Итогом таких преобразований практически всегда является формирование рисовых почв со своими отличительными особенностями. После двадцати-тридцати лет использования таких почв в условиях рисового севооборота, изменяются и становятся характерными для них многие показатели, особенно водно-физические свойства [4]. Так, на рисовых полях наряду с процессами осолонцевания или поднятия уровня грунтовых вод (УГВ) наблюдается и уменьшение гумусовых горизонтов в сочетании со снижением его валового содержания. Последнее, в свою очередь, обусловлено малым поступлением органических остатков в почву [3].

Многолетние наблюдения, проводимые на рисовых полях отечественными и иностранными учеными, показывают изменение автоморфных условий почвообразования, являющихся естественными, на гидроморфные, что дает возможность для протекания в почве анаэробных процессов. Также в рисовых почвах со временем снижается доля кальция, они могут уплотняться до 1,5-1,6 т/м³, на отдельных участках выявляются признаки слитости [12, 23].

В условиях увеличения спроса на рис, оптимизация землепользования в рисоводстве является особенно актуальной задачей, реализация которой требует разработки разносторонних комплексных решений, объединяющих в своем составе актуальные землеустроительные, агротехнические, экологические и экономические методы. Они должны быть направлены на более рациональное использование земельных, водных и других природных ресурсов, что является важнейшим критерием для установления баланса между экономической эффективностью и экологической устойчивостью. Все это позволит не только предупредить дальнейшую деградацию земельных ресурсов и окружающей среды, но и укрепить финансовую компоненту

в рисоводческой отрасли, повысив её рентабельность и конкурентоспособность. При этом могут появиться предпосылки для увеличения объемов производства и сохранения природного потенциала.

В силу вышесказанного целесообразно рассмотреть особенности отрасли рисоводства в зарубежных странах, поскольку они характеризуются разнообразием почвенно-климатических характеристик и уровней обеспеченности водными ресурсами [25].

Известно, что в различных странах технологии рисоводства адаптируются под существующие там климатические, почвенные и территориальные условия и особенности.

На территории Китая для возделывания риса используются различные способы и меры по организации территориального землепользования, которые зависят от региональных особенностей. Большинство рисоводческих посевных площадей находится на равнинной части в среднем и нижнем течении реки Янцзы. Такой выбор, прежде всего, зависит от субтропического климата южных и центральных частей страны. Именно он наиболее полно обеспечивает потребности растений риса в тепле, высокой влажности и интенсивном солнечном освещении. Кроме того, на данной территории существует развитая система каналов, помимо орошения полей, несущая на себе еще ряд функций: обеспечение судоходства, поддержание условий для рыболовства, а также естественных водохранилищ во время паводков в весенний период [27]. На территории горных областей Китая применяется другая уникальная система – террасного земледелия, показательным образцом которой являются террасы Хунхэ Хани, расположенные в провинции Юньнань. Эти террасы являются объектом Всемирного наследия ЮНЕСКО с 2013 года. Ландшафтный подход реализуется здесь наиболее последовательно и на протяжении значительного времени – народ Хань на протяжении 1300 лет развивал технологию террасирования, что сделало возможным эффективное использование склонов с углом наклона от 10° до 60°. Их методы сводят эрозию к минимуму и обеспечивают оптимальные условия для возделывания красного риса [22].

В Пакистане структура сельского хозяйства формировалась за счет сочетания естественных условий с историческими факторами. Значительное влияние здесь оказало также колониальное наследие и послевоенные реформы. Отмечается большая степень ограниченности земельного фонда (из 58 млн га только 21,5 млн га – обрабатываемые земли), требуется повышение интенсивности использования почв и их восстановления. Несмотря на засушливый климат (менее 400 мм осадков в год) плодородные аллювиальные почвы долины

реки Инд обеспечивают высокую урожайность риса. Поэтому искусственное орошение является одной из главнейших составляющих сельского хозяйства. Здесь до сих пор используется одна из старейших и крупнейших ирригационных систем мира, а на долю орошаемого земледелия приходится более 90 % сельхозпродукции. Поэтому фокус государственных программ нацелен, прежде всего, на оптимизацию использования водных ресурсов. Это планируется достичь путем модернизации оросительных систем и сооружений, а также уменьшения водопотерь и использования дренажных технологий. Пакистанский опыт показывает, что повышение показателей эффективности сельскохозяйственного производства возможно при совершенствовании управления водными ресурсами и рациональном их использовании [15].

Возделывание риса в Японии имеет свои особенности, связанные, прежде всего, с экономическими и территориальными факторами, которые значительно снижают конкурентоспособность японского риса на мировом рынке. Главной проблемой, тормозящей рост эффективности производства риса и снижение его себестоимости, выступает значительная степень фрагментации землепользования: большинство местных сельхозпроизводителей имеют в своем распоряжении поля площадью менее 1 га, которые, к тому же, могут быть еще и удалены друг от друга на значительные по местным меркам расстояния. Эти факторы очень сильно затрудняют обработку, вынуждают производителей отказываться от широкозахватной техники в пользу малогабаритной, что, в значительной степени, удорожает получение урожая и логистику. Поэтому в число перспективных направлений решения данных проблем, входит метод «подрядного земледелия» или «обработки по поручению». Его смысл заключается в объединении небольших соседних участков в более крупные территориальные блоки, за счет чего можно оптимизировать использование сельскохозяйственной техники, уменьшить потребность в ней и снизить удельные затраты на получение единицы продукции. Такое землепользование может не только помочь улучшить экономические показатели рисоводства, но и сохранить традиционные особенности использования земельных ресурсов (наделов), что играет важную роль в условиях уникальной структуры японского сельского хозяйства [26].

Таким образом, в этих странах одной из первоочередных задач сельскохозяйственного производства является повышение эффективности использования почвенных и водных ресурсов, что будет иметь большое значение для роста урожайности и устойчивого развития территорий. Учитывая происходящие климатические изменения и закономерное уменьшение запасов полезных

ископаемых, которые используются в сельском хозяйстве, следует разрабатывать и внедрять технологии, основанные на повышении эффективности использования данных ресурсов. Речь идет о создании новой, особой системы, регулирующей процессы в рисоводстве, опираясь на особенности различных агроландшафтов.

На территории Краснодарского края рисоводство осуществляется за счет эксплуатации специализированных рисовых оросительных систем (РОС) и водохранилищ, построенных во второй половине прошлого века и учитывавших достижения зарубежной и отечественной мелиорации того времени. При этом территории, использованные под их строительство, в своем большинстве были ранее непригодными для активного земледелия из-за тех или иных факторов, например заболоченность, засоление и т. д.

На территории рисовых оросительных систем большое значение имеют мероприятия по защите почв и оросительных поверхностных вод, а также меры, направленные на противодействие загрязнению водоприемников мелиоративных систем – рек, каналов и т.п. [1, 4, 5]. Комплекс мероприятий по охране почв должен включать анализ воздействия использования оросительной сети на плодородие почв, их водно-воздушный и водно-солевой режимы. Важно изучение воздействия применяемых пестицидов и удобрений на биологическую активность почв и процессы гумификации. Необходим постоянный мониторинг почв на предмет необходимости почвенной рекультивации, в том числе биологической. После этого, опираясь на исследования почв оросительных систем и сопутствующих территорий, составляют прогноз происходящих изменений и реализуют комплекс мероприятий по поддержанию их плодородия и, возможно, его восстановлению [7, 14].

Для повышения эффективности использования почвенных и водных ресурсов оросительных систем требуется регулярное проведение мероприятий по их реконструкции, капитальной планировке рисовых полей, а в отдельных случаях – их переустройство. Это может ускорить подачу и сброс воды, темпы посевных и уборочных работ. Вместе с тем в почве на протяжении всей вегетации и межвегетационного периода будет сохраняться оптимальный водно-воздушный и тепловой режимы, а также баланс солей [4, 6]. Работы по реконструкции рисовой оросительной системы должны обеспечивать высокую урожайность риса и других возделываемых культур. Поэтому следующим звеном формирования устойчивого развития рисоводства является использование специализированных рисовых севооборотов. В их состав кроме риса включают зерновые (яровые и озимые), пропашные культуры и многолетние бобовые травы

[6]. Ассортимент возделываемых культур должен быть научно обоснованным, как и выбор рационального севооборота, который имеет первостепенное значение в процессе возделывания риса. Особенно это важно при применении значительных доз удобрений и пестицидов или, наоборот, при переходе к экологизированному земледелию. Правильно подобранный севооборот будет способствовать улучшению плодородия почвы, например, снижению содержания в ней солей. Если в его составе имеются многолетние травы, прежде всего бобовые, то это благоприятно скажется на обогащении почвы питательными веществами и формировании хорошей внутренней структуры [4, 5, 6]. От применяемой в рисоводческих хозяйствах системы севооборотов и структуры посевных площадей, соответствия их имеющимся условиям, зависит прежде всего величина и качество урожая, а также воздействие производства на окружающую среду [10].

Еще одним методологическим подходом при планировании рационального использования земель является, собственно, система управления земельными ресурсами. Её реализация на практике должна создавать предпосылки для достижения оптимальных характеристик использования земель в сельском хозяйстве. Здесь также имеет большое значение предупреждение утраты почвенного плодородия, загрязнение вредными химическими веществами, а также как недостаточное, так и чрезмерно интенсивное использование земель [16].

Одной из главных проблем плодородия рисовых почв на Кубани является повсеместное снижение содержания гумуса и изменение его качественного состава. Наблюдается дегумусирование почв, проявляющееся в уменьшении содержания органического углерода и мощности гумусового профиля [13, 19, 20]. Анализируя прогнозы основных показателей развития рисоводства, можно предположить, что тенденция к снижению гумуса сохранится до 2035 года. Поэтому для его сохранения, а также увеличения экономической эффективности производства, необходима корректировка систем удобрения, защиты растений – применение органических удобрений, возделывание сидератов – «зеленых удобрений», внедрение почвозащитных технологий и т. д. [11, 20, 24].

Результаты многочисленных исследований в условиях рисосеющих хозяйств Кубани показывают, что применяемая на сегодняшний день система земледелия не обеспечивает в полной мере реализацию принципов рационального использования

почвенных, биоклиматических и водных ресурсов. Важность анализа природно-ресурсного потенциала агроландшафтов, рисовых оросительных систем Нижней Кубани показана в исследованиях С.А. Владимирова, В.П. Амелина и др. [1, 5]. В настоящее время имеются многочисленные теоретические основы использования земель и созданы оригинальные методы расчета их эффективности, а также методы устойчивости агроландшафтов, базирующиеся на основе критериев и индикаторов их использования [1, 6].

Важнейшее значение в сложившихся производственных условиях, имеет всестороннее использование в рисоводстве технологий ресурсосбережения, что даст возможность повысить эффективность использования природных и трудовых ресурсов [2]. В состав этого направления входит анализ и выбор оптимальной технологии выращивания риса для каждого сорта, с учетом особенностей локальных природно-климатических условий и использование имеющихся технологических средств по их определенному назначению. Такие технологии подчеркивают необходимость эффективного расходования воды, удобрений, электричества, топлива, а также уделяют большое внимание человеческим ресурсам [5, 6].

Значительная роль здесь принадлежит оптимизации водного режима. Этот принцип должен быть реализован путем модернизации оросительных и дренажных систем, а также за счет постоянного мониторинга влажности почвы с учетом потребностей различных культур. Корректное регулирование этого показателя позволит уменьшить расход воды и снизить нагрузку на оросительные системы [6].

Таким образом, для оптимизации происходящих в рисоводстве процессов, реализации принципов его рационального развития и поддержания почвенного плодородия существенное значение имеют такие направления, как использование научно обоснованных севооборотов, комплексные методы борьбы с вредителями, внесение технологически и экономически обоснованных доз минеральных удобрений, активное насыщение почвы растительными остатками за счет использования органических удобрений и посевов сидератов, разработка и применение эффективных режимов орошения, совершенствование законодательных основ регулирования процессов землепользования в рисоводстве для уменьшения антропогенного воздействия на окружающую среду, применение новых методов мониторинга и анализа состояния земель, а также оросительных систем и водных ресурсов в рисоводстве [9, 17, 18].

Литература/References

1. Амелин С.А., Владимиров В.П. Экологически чистая ресурсо- и энергосберегающая технология возделывания риса и севооборотных культур // *Труды КубГАУ*. 2007. Вып. 4(8). С. 165–170. [Amelin V.P., Vladimirov S.A. An environmentally friendly, resource- and energy-saving technology for cultivating rice and crop rotation. *Proceedings of KubSAU*. 2007;4(8):165-170 (in Russian)].
2. Бабешкин В.В., Владимиров С.А. Ресурсосберегающие агротехнологии в рисоводстве // *Тенденции развития науки и образования*. 2019. № 49(9). С. 64–66. [Babeshkin V.V., Vladimirov S.A. Resource-saving agrotechnologies in rice growing. *Trends in the development of science and education*. 2019;49(9):64-66 (in Russian)]. doi: 10.18411/lj-04-2019-184
3. Бородычев В.В., Дедова Э.Б., Сухарев Ю.И. Ресурсно-экологическая оценка рисовых агроландшафтов Сарпинской низменности // *Природообустройство*. 2016. № 2. С. 55–61. [Borodychev V.V., Dedova E.B., Sukharev Yu.I. Resource and ecological assessment of rice agrolandscapes of the Sarpinsk lowland. *Environmental management*. 2016;2:55-61 (in Russian)].
4. Владимиров С.А., Приходько И.А. Опыт планирования и реализации инновационного проекта эффективно-го рисоводства // *Международный сельскохозяйственный журнал*. 2019. № 6(372). С. 75–79. [Vladimirov S.A., Prikhodko I.A. Experience in planning and implementing an innovative project for effective rice farming. *International Agricultural Journal*. 2019;6(372):75-79 (in Russian)]. doi: 10.24411/2587-6740-2019-16111
5. Владимиров С.А. Эффективность перехода рисоводства на экологическое устойчивое производство на примере ЗАО «Сладковское» Славянского района // *Труды КубГАУ*. 2009. Вып. 6(21). С. 194–199. [Vladimirov S.A. Efficiency of rice farming transition to ecological sustainable production on the example of CJSC Sladkovskoye in the Slavyansky district. *Proceedings of KubSAU*. 2009;6(21):194-199 (in Russian)].
6. Владимиров С.А., Амелин В.П. Основные положения стратегии устойчивого рисоводства на эколого-ландшафтной основе // *Труды КубГАУ*. 2009. Вып. 3(18). С. 99–107. [Vladimirov S.A., Amelin V.P. The main provisions of the strategy of sustainable rice farming on an ecological and landscape basis. *Proceedings of KubSAU*. 2009;3(18):99-107 (in Russian)].
7. Владимиров С.А., Ковалева К.Ю., Лях Н.А. Пути повышения эффективности использования земельных и водных ресурсов // *Заметки ученого*. 2021. № 6–1. С. 318–321. [Vladimirov S.A., Kovaleva K.Y., Lyakh N.A. Ways to increase the efficiency of land and water resources use. *Notes of a scientist*. 2021;6-1:318-321 (in Russian)].
8. Волков С.Н., Савинова С.В., Черкашина Е.В. Природные ландшафты как фактор эффективного развития сельского хозяйства на Северном Кавказе // *Юг России: экология, развитие*. 2020. Т. 15, № 2(55). С. 113–124. [Volkov S.N., Savinova S.V., Cherkashina E.V. Natural landscapes as a factor of effective agricultural development in the North Caucasus. *South of Russia: ecology, development*. 2020;15,2(55):113-124 (in Russian)].
9. Геоэкологический мониторинг и зонирование по интенсивности загрязнения агро- и урбандшафтов: проблемы и перспективы. Центральный федеральный округ. Москва: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Государственный университет по землеустройству. 2023. 222 с. [Geoecological monitoring and zoning according to the intensity of pollution of agro- and urban landscapes: problems and prospects. Central Federal District. Moscow: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education State University of Land Management. 2023;222 p. (in Russian)].
10. Говердовская М.Д. Влияние рисоводства на состояние земельных и водных ресурсов Кубани // *Землеустройство, кадастр и мониторинг земель*. 2023. № 10. С. 598–605. [Goverdovskaya M.D. The influence of rice farming on the state of land and water resources of the Kuban. *Land management, cadastre and land monitoring*. 2023;10:598-605. (in Russian)]. doi:10.33920/sel-04-2310-03
11. Корляков А.С., Хохлюк А.П. Эколого-мелиоративное состояние почв на рисовых системах // *Мелиорация и водное хозяйство*. 2007. № 1. С. 19–21. [Korlyakov A.S., Khokhlyuk A.P. Ecological and meliorative state of soils in rice systems. *Melioration and water management*. 2007;1:19-21 (in Russian)].
12. Медведев С.В., Хатхоху Е.И. Аналитический обзор ресурсосберегающих и природных систем земледелия в рисоводстве Краснодарского // *Эпомен*. 2018. Вып. 13. С. 120–123. [Medvedev S.V., Khathokhu E.I. An analytical review of resource-saving and natural farming systems in rice growing in the Krasnodar region. *Epomen*. 2018;13:120-123 (in Russian)].
13. Пименов В.В., Волков С.Н. Землеустройство. Региональное землеустройство. Москва, 2009. 707 с. [Pimenov V.V., Volkov S.N. Land management. Regional land management. Moscow, 2009;707 p. (in Russian)].
14. Сафронова Т.И., Приходько И.А., Кондратенко Л.Н. Анализ оценки земельных ресурсов в сельском хозяйстве // *Фундаментальные исследования*. 2019. № 5. С. 110–114. [Safronova T.I., Prikhodko I.A., Kondratenko L.N. Analysis of the assessment of land resources in agriculture. *Fundamental research*. 2019;5:110-114 (in Russian)].
15. Сельскохозяйственная промышленность Пакистана [Электронный ресурс] информационный портал (Дата обращения 03.02.2026). [Agricultural Industry of Pakistan [Electronic resource] information portal (in Russian)]. URL: <https://blog.kombat-tour.ru/pakistan/industry/selskohozyajstvennaya-promyshlennost> (reference date: 03.02.2026).
16. Совершенствование системы управления землями сельскохозяйственного назначения в Российской Федерации на основе ретроспективного анализа их состояния и использования. Москва: Государственный университет по землеустройству, 2024. 260 с. [Improvement of the agricultural land management system in the Russian Federation based on a retrospective analysis of their condition and use. Moscow: State University of Land Management, 2024;260 p. (in Russian)].
17. Турило С.Н. Повышение экономической эффективности выращивания риса в условиях Причерноморья // Научные труды Южного филиала Национального университета биоресурсов и природопользования Украины «Крымский агротехнологический университет». Серия: Экономические науки 2012. № 143. С. 271–277. [Turilo S.N. Improving the economic efficiency of rice cultivation in the conditions of the Black Sea region. Scientific papers of the Southern Branch of the National University of Bioresources and Environmental Management of Ukraine

- "Crimean Agrotechnological University". Series: Economic Sciences. 2012;143:271-277 (in Russian)].
18. Хлыстун В.Н. О доктрине земельной политики в Российской Федерации // *Землеустройство, кадастр и мониторинг земель*. 2020. № 6(185). С. 5-10. [Khlystun V.N. On the doctrine of land policy in the Russian Federation. *Land management, cadastre and land monitoring*. 2020;6(185):5-10 (in Russian)].
 19. Шеуджен А.Х., Гуторова О.А., Подколзин О.А., Хурум Х.Д., Илларионова Т.А. Гумусное состояние почв рисовых полей // *Агрохимический вестник*. 2019. № 6. С. 13-19. [Sheudjen A.Kh., Gutorova O.A., Podkolzin O.A., Hurum H.D., Illarionova T.A. Humus state of rice field soils. *Agrochemical Bulletin*. 2019;6:13-19 (in Russian)] doi: 10.24411/0235-2516-2019-10083
 20. Шеуджен А.Х., Гуторова О.А., Аношенков В.В., Максименко Е.П., Кащиц В.П. Продуктивность почв рисовых агроландшафтов в зависимости от их мелиоративного состояния // *Научный журнал КубГАУ*. 2017. №133(09). [Sheudjen A.Kh., Gutorova O. A., Anoshenkov V.V., Maksimenko E.P., Kashchits V.P. Soil productivity of rice agrolandscapes depending on their reclamation state. *KubGAU Scientific Journal*, 2017;133(09) (in Russian)]. URL <http://ej.kubagro.ru/2017/09/pdf/110.pdf>. doi: 10.21515/1990-4665-134-088
 21. Eremin D.I. Changes in the content and quality of humus in leached chernozems of the Trans-Ural forest-steppe zone under the impact of their agricultural use. *Eurasian soil science*. 2016;49.5:538-545. doi: 10.1134/S1064229316050033
 22. Foreign Agricultural Service U.S. Department of Agriculture / [Electronic resource] Electronic fund of legal and regulatory and technical documentation. URL: <https://www.fas.usda.gov> (reference date: 17.09.2025).
 23. Huang L., Ferreira J.F.S., Wang M., Liu Y. Long-term combined effects of tillage and rice cultivation with phosphogypsum or farmyard manure on the concentration of salts, minerals, and heavy metals of saline-sodic paddy fields in Northeast China. *Soil and Tillage Research*. 2022;215(4):105222. doi:10.1016/j.still.2021.105222
 24. Maruyama K. Breeding for high yielding rice cultivars in Japan. *Tropical agriculture research ser.* 1988;21:277.
 25. Moutinho V., Robaina M., Macedo P. Economic–environmental efficiency of European agriculture – a generalized maximum entropy approach. *Agric. Econ.* 2018;64(10):423–435. doi:10.17221/45/2017-AGRICECON
 26. Oshiro R. Mechanization of Rice Production in Japan. 2016;235 p.
 27. Rolfe J., Windle J., McCosker K., Northey A. Assessing cost-effectiveness when environmental benefits are bundled: agricultural water management in Great Barrier Reef catchments. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*. 2018;62. <https://doi.org/10.1111/1467-8489.12259>

Виктор Викторович Гергель

Младший научный сотрудник лаборатории
земледелия
E-mail: merirka@mail.ru

Victor Viktorovich Gergel

Junior Researcher at the Agriculture Laboratory
E-mail: merirka@mail.ru

Ирина Анатольевна Гергель

Научный сотрудник лаборатории земледелия
E-mail: merirka@mail.ru

Irina Anatolyevna Gergel

Researcher at the Agriculture Laboratory
E-mail: merirka@mail.ru

Все: ФГБНУ «ФНЦ риса»
350921, Россия, Краснодар, Белозерный,3
E-mail: arri_kub@mail.ru

All: FSBSI «FSC of rice»
3, Belozerny, Krasnodar, 350921, Russia
E-mail: arri_kub@mail.ru

КЛАДЕЗЬ АГРОХИМИИ

*Истинный химик должен быть
теоретиком и практиком.
М.В. Ломоносов*

*Агрохимик – это лучший химик
среди агрономов и лучший агроном
среди агрохимиков.
Д.Н. Прянишников*

Студенты, аспиранты, преподаватели и специалисты по агрономической химии получили информативный учебник хорошего полиграфического качества. Заслуженный деятель науки Российской Федерации, лауреат Премии Правительства Российской Федерации в области образования, академик Российской академии наук, профессор А.Х. Шеуджен подготовил и издал учебник «Агрохимия» (Майкоп: Полиграф-ЮГ, 2026. – 872 с.; 76,3 печ. л.). Имя ученого уже служит гарантией добротности учебника, написанного с глубоким пониманием предмета. На протяжении четверти века он возглавляет кафедру агрономической химии Кубанского госагроуниверситета и является автором десятков учебников, учебных пособий и справочников по агрохимии, удостоенных премий Правительства Российской Федерации, Республики Адыгея и Краснодарского края. Трудно переоценить его вклад в подготовку специалистов-агрохимиков – от магистров до докторов наук. Новый учебник – весомый вклад в повышение эффективности образовательного процесса.

Написание университетского учебника – дело весьма непростое. При его создании необходимо не только изложить предмет на современном научном уровне, но и уделить значительное внимание форме подачи учебного материала: последовательности изложения и его наглядности. Успех учебника, безусловно, определяется тем, насколько гармонично в нём сочетаются эти качества. Трудности существенно возрастают, когда речь идёт об учебнике по агрохимии. Преподавание этой дисциплины входит в систему университетского образования агрономического профиля. Агрохимические знания необходимы, чтобы творчески владеть теорией управления плодородием почвы, повышать продуктивность агроценозов и улучшать качество растениеводческой продукции.

В последние годы агрохимия развивается стремительно. Этому способствуют совершенствование методик агрохимических исследований и успехи в смежных областях знаний – почвоведении, микробиологии, физиологии и биохимии растений. Прогресс агрохимии настолько ощутим, что авто-

ру пришлось отойти от сложившегося стереотипа изложения учения этой науки. В рамках общей агрохимии А.Х. Шеуджен выделил целый ряд самостоятельных дисциплин: методологию, историю, методы агрохимии, агрохимический сервис, а также фундаментальную, прикладную, региональную, экологическую, экспериментальную, математическую, статистическую и экономическую агрохимию. Учебник завершается разделом «Агрохимия и органическое земледелие: мифы и реальность». В нём впервые в нашей стране на основе скупленного анализа многочисленных результатов исследований показана ошибочность отрицания достижений мировой агрохимической науки под предлогом обращения к многовековому опыту органического земледелия. В заключение раздела он пишет: «Сегодня многие «помешались» на органическом земледелии – возделывании сельскохозяйственных культур без применения агрохимических средств и пестицидов. Пора осмыслить эту навязчивую идею. Будущее – за наукоёмкими экологически безопасными агротехнологиями, неотъемлемой составляющей которых является научно обоснованная органоминеральная система удобрения культур севооборота. В современном и обозримом будущем в земледелии альтернативы применению агрохимических средств нет и не может быть. Их недооценка неминуемо приведёт к серьезным издержкам в производстве растениеводческой и животноводческой продукции и подрыву продовольственной безопасности страны».

Весьма полезен для обучения студентов раздел учебника, в котором удачно упорядочен терминологический аппарат агрохимической науки. В нём даны определения новым разделам, введенным автором и получившим статус самостоятельных дисциплин. По состоянию понятийно-терминологической базы можно судить о состоянии любой науки. В своё время знаменитый французский химик Антуан Лоран Лавуазье (1743–1794) писал: «Нельзя отделить ни науку от терминологии, ни терминологию от науки». Значение понятийно-терминологической базы любой науки для подготовки высококвалифицированных специалистов исклю-

чительно велико.

Оригинальный подход А.Х. Шеуджена к изложению материала обусловил необходимость возвращаться к одним и тем же вопросам в разных разделах учебника. Каждый раздел представляет собой законченное произведение, однако рассматривает проблему в новом аспекте и в сочетании с иными задачами. Такой дидактический приём позволил автору всесторонне проанализировать многие вопросы и открыть возможности для их новой постановки.

Учебник хорошо иллюстрирован. В нём представлены рисунки и таблицы, демонстрирующие результаты экспериментальных исследований ведущих учёных мира. Освоение этих данных надёжно гарантирует корректное решение агрохимических задач и обоснованность вытекающих из них практических выводов. В разделах «Экспериментальная агрохимия» и «Прикладная агрохимия» опубликованы результаты исследований самого автора. Они охватывают полувековой период научной, педагогической и производственной деятельности.

Знания законов химии, а также понимание химических и биохимических процессов, происходящих в почве, и особенностей физиологии и биохимии растений позволили А.Х. Шеуджену существенно обогатить учебный материал. Автор включил в учебник многочисленные схемы превращений биогенных элементов в растениях и почве, а также уравнения химических реакций, что облегчает восприятие излагаемого материала.

Методической удачей учебника является и «вопросник», приводимый в конце каждого раздела. Он побуждает студента глубже осмыслить изучаемый материал, применять полученные знания для обсуждения смежных вопросов, самостоятельно продумать решение агрохимических задач. Каждый раздел книги сопровождается списком рекомендуемой дополнительной литературы, что поможет любознательному читателю углубить знания по интересующей теме и найти ответы на возникшие вопросы.

Учебник А.Х. Шеуджена «Агрохимия» представляет собой масштабное, многоплановое издание, насыщенное фактическим материалом. Изложение отличается четкостью и логичностью, аргументированностью, высоким научным уровнем. Следует отметить единый стиль подачи материала во всех

разделах, что чрезвычайно важно для учебного издания. Книга ориентирована на подготовку современных специалистов: агрономов широкого профиля и агрохимиков-экологов. По ряду ключевых параметров – оригинальность и глубина трактовки важнейших вопросов современной агрохимии, широта охвата тем и обилие новых сведений – учебник А.Х. Шеуджена «Агрохимия» не имеет аналогов в отечественной, а возможно, и мировой учебной литературе. Он, несомненно, будет пользоваться успехом не только у студентов и аспирантов, но и востребован преподавателями в области агрономической химии и смежных научных направлений и специалистами АПК. Безусловно, книга А.Х. Шеуджена заставит задуматься над рядом укоренившихся представлений о биохимическом круговороте веществ в земледелии, экологических аспектах применения агрохимических средств и экологических функциях агрохимии. Её значение выходит за рамки учебника. Она побуждает к переосмыслению представлений о круговороте химических элементов в агроэкосистемах; освещает экологические аспекты применения агрохимических средств; раскрывает экологические функции агрохимии. Эта книга облегчит преподавание курса «Агрохимия» в вузах; существенно повысит воспринимаемость материала студентами и будет способствовать росту эффективности применения в сельском хозяйстве агрохимических средств.

Учебник отличается оригинальным подходом к изложению материала, простота и ясность в описании сложных химических и биохимических процессов в почве и растениях, чёткое разъяснение механизмов трансформации удобрений в почве, лаконичная формулировка ключевых задач современной агрохимии, предложение системного подхода к решению актуальных проблем.

В итоге учебник академика А.Х. Шеуджена «Агрохимия» – фундаментальный свод агрохимических знаний, значимое достижение педагогической мысли, весомый вклад в развитие агрохимического образования. Это кладёзь агрохимических знаний и большой успех педагога.

*Ю.Н. Ашинов,
доктор биологических наук, академик АМАН,
заведующий кафедрой землеустройства
Майкопского государственного
технологического университета*

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ АВТОРСКИХ ОРИГИНАЛОВ
ДЛЯ ЖУРНАЛА «РИСОВОДСТВО»

К публикации принимаются оригинальные, ранее не опубликованные материалы, которые могут быть представлены на русском или на английском языках.

Рукописи предоставляются в электронном виде по e-mail: arri_kub@mail.ru с темой письма «В редакцию журнала». Название файла должно содержать фамилию первого автора латиницей и дату отправки, например, «**Статья_Ivanova20.03.2025.doc**». Допустимые форматы файлов: .doc, .docx, .rtf. Объем статьи должен соответствовать поставленным целям (не менее страниц 6-8 страниц, 12-14 кегль, и не более 12-15 страниц в зависимости от типа статьи – экспериментальная, обзор). Отправляющий автор, который обычно является автором-корреспондентом, несет ответственность за рукопись в процессе подачи и рецензирования.

Оригинальность. Авторы представляют только оригинальные работы. Все статьи проходят проверку на уникальность в системе «Antiplagiat.ru» (версия «Эксперт»). Оригинальность текста должна быть не ниже 70 %. *Редакцией приветствуется предоставление документа об оригинальности текста.*

Иллюстрации. Рисунки должны быть выполнены четко и вставлены из отдельных файлов GIF или JPG. При наличии в материале статьи фотографий для обеспечения необходимого качества следует приложить изображение дополнительно к материалу в электронном виде в формате GIF или JPG.

Сокращения / аббревиатуры / инициализмы, вставки, переносы. Сокращения и т.п. должны быть определены при первом их появлении в аннотации, основном тексте, первом рисунке или таблице, в скобках должна быть добавлена расшифровка.

Числительные, если не являются первым словом, передаются цифрами. Не допускаются вставки через меню «Символ», знак разрыва строки, знак мягкого переноса, автоматический перенос слов.

Цитирование источников должно быть обосновано тематикой исследования. Самоцитирование не должно превышать 15 % всего списка литературы. Если статья планируется как обзорная по результатам многолетних исследований автора, или если данной тематикой никто не занимается, то самоцитирование может быть увеличено.

Авторы не должны ссылаться на рекламу или рекламные материалы. Количество источников из высокорейтинговых журналов (Web of Science, Scopus, Agris, RSCI и др.) за последние 10 лет должно составлять не менее 50 %, статьи зарубежных авторов – не менее 30 % от всего списка литературы.

Цитирование статей из журнала «Рисоводство»

Просим применять обозначения названия, использовавшиеся когда-либо и используемые в российских и иностранных базах данных: на русском языке – «Рисоводство», на английском языке (для англоязычной версии) – «Rice Growing».

В связи с тем, что журнал «Рисоводство» публикует материалы по пяти специальностям и относящиеся к различным сельскохозяйственным культурам, редакция приветствует цитирование опубликованных в нашем журнале работ.

РЕКОМЕНДАЦИИ К МЕТОДИКЕ НАПИСАНИЯ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ И ОБЗОРНЫХ СТАТЕЙ
(по разделам и компонентам статьи)**Исследовательская статья****Аннотация включает:**

- актуальность исследований;
- цель исследований (возможно выделить задачи исследований);
- материалы, методы и методики (кратко привести условия, объекты исследований, методы, используемые в работе);
- основные результаты (отразить наиболее значимые результаты работы;
- выводы формулировка не должна совпадать с выводами в конце статьи).

Не допускается цитирование литературных источников, общие фразы и выделение абзацев.

Рекомендуемый объем аннотации от 200 до 250 слов. Не используются вводные слова, обороты. Не подчеркивается личный вклад автора.

Ключевые слова отражают основное смысловое содержание статьи, являются ориентиром для читателя и используются для поиска статей в электронных Базах данных. Размещаются после аннотации в количестве 4-15 слов.

Название статьи, аннотация и ключевые слова предоставляются как на русском, так и на английском языках.

Введение

Часть статьи, которая отражает проработку литературных источников, на основании которых и делается вывод об актуальности и необходимости проведения исследований. Во введении автор также обозначает проблемы, не решенные в предыдущих исследованиях, которые призвана решить представляемая статья.

Цель исследований

Цель исследования – это одно или несколько предложений (утверждений), используемых для выражения общего смысла (цели) работы с указанием на ее тематику (методы, методологию), которая была выбрана для научного исследования. Начинать цель необходимо с глагола – «Изучить...»

Материалы и методы

В разделе описывают:

- условия проведения исследования (годы и места проведения работы, почвенно-климатические и погодные условия и т.п.);
- материал, объект, предмет (объект исследования – это явление, предмет или процесс, на который направлена исследовательская деятельность; предмет исследования – это свойство объекта, материал исследования – это непосредственно анализируемый материал – зерно, семена, растение и т.п.);
- методы и методики (обязательно сделать ссылку на литературу).

Результаты и обсуждение

В разделе необходимо привести данные, полученные в исследовании, объективно, с использованием текста, дополненного иллюстрациями, показать статистическую обработку. Данные по статистической обработке и погрешностям приводятся для независимых экспериментов (не для повторности в опыте). Обсуждение включает анализ и сопоставление данных, возможные гипотезы и предварительные выводы.

Выводы

Результаты работы должны полностью отображаться в выводах. Необходимо сопоставить полученные результаты с обозначенной в начале работы целью, желательно включить прогноз и перспективы рассмотренных вопросов.

Литература (References)

Литературные источники должны освещать работы как отечественных, так и зарубежных ученых, содержать современный

материал по тематике с учетом целей и задач работы. При подборе литературы необходимо пользоваться каталогами Баз данных Scopus и WoS, doaj.org и др. (статьи высокорейтинговых журналов рекомендуется находить по ссылкам <http://mjl.clarivate.com/>, <https://www.scopus.com>, <https://doaj.org/>), др., пополняемыми новыми изданиями, отдавая предпочтение современным источникам информации. Ссылки на личную веб-страницу автора неприемлемы.

Ссылки на литературу - для экспериментальных работ в количестве от 10 до 30.

Обзорная статья

Применяется в рамках теоретических или (изредка) практических исследований. Предъявляемые к обзорной статье требования:

- обозначение и постановка цели проведения, предметного поля, тематики и области обзора;
- ознакомиться и привлечь данные обзора по тематике, который был сделан ранее;
- знать, насколько давно был сделан прошлый обзор и насколько он соответствует сегодняшним целям и задачам данной отрасли.

Статья может иметь тематические подразделы и в зависимости от поставленной цели, структура обзора может меняться (например, иметь или нет материалы и методы).

Обзорная статья может быть большего объема, чем исследовательская (от 20 страниц) и при написании такой статьи может быть использовано большее количество литературных источников (количество ограничено целями, поставленными в работе).

Технические требования к оформлению статей

При оформлении статьи необходимо соблюдать следующие параметры:

- поля: верхнее, нижнее, правое – 1,5 см, левое – 2 см;
- шрифт – Times New Roman, 12 кегль;
- интервал полуторный; абзацный отступ – 1,25 см; без переносов;
- используйте курсив или полужирный курсив для примеров, а также наиболее важных терминов и понятий;
- избегайте использования подчеркиваний;
- таблицы и рисунки должны иметь отдельную нумерацию (например, Таблица 1, Рисунок 1), быть озаглавлены. Названия таблиц, рисунков и шапка таблицы должны быть набраны полужирным шрифтом). Размещаются таблицы и рисунки после первого упоминания в тексте и нумеруются последовательно, ссылки на них в тексте статьи обязательны (табл. 1, рис. 1). Числовые оси на графиках должны сходиться к 0 (исключение – логарифмические оси) и иметь обозначение (наименование). Название таблиц размещается над левым верхним углом таблицы, название рисунка – под рисунком по центру. Должны располагаться в тексте только в книжной ориентации без отступа в формате. Для технической работы с графиками и диаграммами желательно выслать их отдельными документами в формате Excel. Если в тексте документа содержится текстовый фрагмент, относящийся к таблице и оформленный в виде примечания, то он дается после таблицы, более мелким шрифтом, курсивом – Примечание – текст примечания. При переносе текста таблицы на другую страницу заголовки граф повторяются, в правом верхнем углу курсивом пишут – Продолжение таблицы 1.
- в оформлении цифровых интервалов необходимо использовать тире, а не дефис (2-3 см.);
- оформление процентов осуществляется через слитный пробел (5-10 %);
- расположение структурных элементов статьи:

индекс УДК (выравнивание слева),

следующая строка (выравнивание по правому краю) - **фамилия и инициалы автора (авторов)**, степень, звание,

следующая строка – город, страна,

через строку – **НАЗВАНИЕ СТАТЬИ** (прописными буквами, не более 9 значащих слов),

через строку – аннотация на русском языке (курсивом),

следующая строка – ключевые слова (курсив),

через строку – **НАЗВАНИЕ СТАТЬИ** на английском языке,

через строку – аннотация на английском языке (курсивом),

следующая строка – ключевые слова на английском языке (курсив),

через строку – текст статьи,

через строку – **Литература/ References** (название - выравнивание по центру),

через строку – информация об авторах (располагаются параллельно на русском и английском языках в виде таблицы с невидимыми границами, включают **Имя, Отчество, Фамилию, должность, E-mail, название организации, адрес организации**)

Оформление списка литературы - Литература/References

Библиографический список приводится в конце статьи в алфавитном порядке (сначала статьи в отечественных журналах вместе с переводом на английский язык с указанием фамилий и инициалов всех авторов затем – статьи в зарубежных журналах) в виде пронумерованного списка источников под названием **Литература/References**. Библиографические ссылки должны быть верифицированы, выходные данные проверены на официальном сайте журналов и/или издательств. Ссылка doi должна обязательно обеспечивать переход на полный текст или аннотацию статьи!

Примеры оформления ссылок

Книги на русском языке

1. Ерыгин П.С. Физиология риса. М.: Колос, 1981. 208 с. [Erygin P.S. Physiology of Rice. Moscow: Kolos, 1981;208 p. (in Russian)].
 2. Сметанин А.П. Методики опытных работ по селекции, семеноводству, семеноведению и контролю за качеством семян риса. Краснодар: [б. и], 1972. 156 с. [Smetanin A.P. Methods of experimental work on breeding, seed production, seed science, and quality control of rice seeds. Krasnodar: [n/p], 1972;156 p. (in Russian)].
 3. Тарасиков В.П., Соловьев В.А., Биржевой Г.А. Влияние нейтронного облучения на физико-механические свойства сталей и сплавов отечественных ядерных реакторов. Москва: Физматлит, 2020. 620 с. [Tarasikov V.P., Solovyov V.A., Birzhevoy G.A. Influence of neutron irradiation on the physical and mechanical properties of steels and alloys of domestic nuclear reactors. Moscow: Fizmatlit, 2020;620 p. (in Russian)].
 4. Система рисоводства Краснодарского края / ВНИИ риса; под. ред. Е. М. Харитонов. Краснодар: Просвещение-Юг, 2011. 316 с. [Rice Farming System of the Krasnodar Territory / ARRRRI [edited by E. M. Kharitonov]. Krasnodar: Prosveshchenie-Yug, 2011;316 p. (in Russian)].
- ([б. и] и [n/p] - имеется ввиду «без издательства»)

Книги зарубежные

1. Juliano B.O. Rice Chemistry and quality. Manila; Philippines: Islands Publishing House, 2003;480 p. (ссылка на главу из книги)

2. Kühn U. Chenopodiaceae. In: Kubitzki K., Rohwer J.G., Bittrich V. (eds.). The Families and Genera of Vascular Plants. II. Flowering Plants: Dicotyledons, Magnoliid, Hamamelid and Caryophyllid families. Berlin; Heidelberg; New York: Springer, 1993;253-280.
3. Webb, B.D. Rice Quality and Grades. In: Luh, B.S. (eds) Rice. Boston, MA.: Springer, 1991;89-101. doi.org/10.1007/978-1-4899-3754-4_16

Авторефераты

1. Назаров И.Г. Развитие коммуникативной компетентности социальных педагогов села в процессе дополнительного профессионального образования: автореф. на соиск. ученой степ. канд. пед. наук: 13.00.08 – теория и методика проф. образования М., 2002. 24 с. [Nazarov I.G. Development of the communicative competence of rural social educators in the process of additional professional education: Abstract of the Dissertation for the Ph.D. in Pedagogy: 13.00.08 – theory and methodology of Prof. education, Moscow, 2002;24 p. (in Russian)].

Статьи из журналов

на русском языке

1. Туманьян Н.Г. Техническое регулирование в странах членах ЕАЭС. Новое в 2023 г. Обзор // Рисоводство. 2024. Т. 23, № 1(62). С. 60-66. [Tumanian N.G. Technical regulation in the EAEU member states. New in 2023. Review. Rice growing. 2024;1(62):60-66 (in Russian)]. doi.org/10.33775/1684-2464-2024-62-1-60-66
2. Туманьян Н.Г., Кумейко Т.Б., Ольховая К.К. Качество сортов риса селекции ФНЦ риса, переданных на госсортоиспытание в 2019-2023 гг., по трещиноватости зерна в связи с содержанием амилозы // Рисоводство. 2024. № 2(63). С. 39-45. [Tumanian N.G., Kumeiko T.B., Olkhovaya K.K. The quality of rice varieties selected by the Federal Research Center for Rice submitted for state testing in 2019-2023, according to grain fracturing due to the content of amylose. Rice growing. 2024;2(63):39-45 (in Russian)]. doi.org/10.33775/1684-2464-2024-63-2-39-45

в зарубежном журнале

1. Rangaswamy Baby Latha, Nasirullah D. R. Physico-chemical changes in rice bran oil during heating at frying temperature. J Food Sci Technol. 2011;51(2):335-340. doi 10.1007/s13197-011-0495-9

Статьи в сборнике

на русском языке

1. Чижикова С.С., Ольховая К.К. Перспективный исходный материал в селекции длиннозерных сортов риса // Агроинновации: интеграция науки и бизнеса: материалы школы-конференции для молодых ученых с международным участием. 2025. С. 299-304. [Chizhikova S.S., Olkhovaya K.K. A promising source material in the breeding of long-grain rice varieties. In: Agriinnovations: integration of science and business: Proceedings of the School-conference for Young Scientists with international participation (June 25-27, 2025, Krasnodar, Russia). Krasnodar: Federal Scientific Center of Rice, 2025;299-304 (in Russian)]. doi.org/10.33775/conf-2025-299-304

в зарубежном журнале

1. Vakhrusheva N., Tumanian N., Zelensky G., Chukhir N., Chizhikova S., Savenko E., Mukhina Zh., Yesaulova L. Phenotyping and genotyping of rice breeding material by grain quality traits and blast resistance / BIO WEB OF CONFERENCES: International Scientific and Practical Conference on Genetic Resources (Genetic Resources 2024). Les Ulis, 2024;01076/ doi10.1051/bioconf/202414901076
2. Woon K. J., Yang B., Kim D.-G., Kim S.-H., Lee Y.-J., Kim J., Baek S. H., Kang S.-Y., Ahn J.-W., Choi Y.-J., Bae Ch.-H., Iwar Kim K., S.-H., Ryu J. Genotyping-by-sequencing analysis reveals associations between agronomic and oil traits in gamma ray-derived mutant rapeseed (*Brassica napus* L.). Plants. 2024;13(11):1576. doi 10.3390/plants13111576

Если книга или статья изданы не на русском или английском языке, как правило, дается перевод названия и др. данных на английский язык, в этом случае в конце пишется, например [in Chinese].

Электронные ресурсы

1. Зеленский Г.Л., Зеленская О.В. Российские сорта риса для детского и лечебного питания // [Электронный ресурс] Научный журнал КубГАУ. 2011. № 72(08). 27 с. (дата обращения: 01.10.2025). [Zelensky, G.L., Zelenskaya, O.V. Russian Rice Varieties for Baby and Therapeutic Nutrition. [Electronic resource] Scientific Journal of KubSAU. 2011;72(08).27 (in Russian)]. URL: <https://ej.kubagro.ru/2011/08/pdf/01.pdf> (reference date: 01.10.2025).
2. Приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии № 531 от 14 марта 2017 г. «Об организации деятельности технического комитета по стандартизации «Зерно, продукты его переработка и маслосемена» / [Электронный ресурс] Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. (дата обращения 23.02.2023). [Order of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology № 531 dated March 14, 2017. "On organizing the activities of the technical committee for standardization "Grain, its processed products and oil seeds". [Electronic resource] Electronic fund of legal and normative-technical documentation]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/456051332> (reference date: 23.02.2023).
3. Начал свою работу Российский институт стандартизации, 23 июля 2021 г. 2025 / [Электронный ресурс] Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. (дата обращения: 03.02.2023). [The Russian Institute for Standardization began its work, July 23, 2021. [Electronic resource] Electronic fund of legal and regulatory and technical documentation (in Russian)]. URL: <https://cntd.ru/news/read/nachal-svou-rabotu-rossiyskiy-institut-standartizacii> (reference date: 23.02. 2023).

Патенты

1. Приемопередающее устройство: пат. 2187888 Рос. Федерация № 2000131736/09; заявл. 18.12.00; опубл. 20.08.02, Бюл. № 23 (II ч.). С. 3. [Transceiver Device: Patent 2187888 of the Russian Federation № 2000131736/09; filed on 18.12.2000; published on 20.08.2002, Bulletin (Part II). 2002;23:3 (in Russian)].

ГОСТы

1. ГОСТ 1.2-2015. Межгосударственная система стандартизации. Стандарты межгосударственные, правила и рекомендации по межгосударственной стандартизации. Правила разработки, принятия, обновления и отмены. М.: ФГУП «Стандартинформ», 2016. 19 с. [GOST 1.2-2015. Interstate System of Standardization. Interstate Standards, Rules and Recommendations for Interstate Standardization. Rules for Development, Adoption, Updating and Withdrawal. Moscow: FSUE «Standartinform», 2016;19 p. (in Russian)].

Подписано в печать

20.03.2026

Формат 60*84/8

Бумага офсетная

Усл. печатн. листов 13,875

Заказ № 5509. Тираж 500 экз.

Тираж изготовлен в типографии

ИП Копыльцов П.И.,

394052, г. Воронеж,

ул. Маршала Неделина, д. 27, кв. 56.