

Главный редактор:

А. Ф. Туманян – д. с.-х. н., проф.

Редакционный совет:

Н. Н. Дубенок – академик РАН, д.с.-х.н., проф.; В. М. Косолапов – академик РАН, д.с.-х.н., проф.; А. Л. Иванов – академик РАН, д.б.н., проф.; К. Н. Кулик – академик РАН, д.с.-х.н., проф.; И.М. Куликов – академик РАН, д.эконом.н., проф.; В. Ф. Пивоваров – академик РАН, д.с.-х.н., проф.; М. С. Гинс – член-корреспондент РАН, д.б.н., проф.; Н. В. Тютюма – д.с.-х.н., член-корреспондент РАН; В. Г. Плющихов – д.с.-х.н., проф.; С. Н. Еланский – д.б.н.; М. М. Оконов – член-корр. РАЕН, д.с.-х.н., проф.; Ю. В. Трунов – д.с.-х.н., проф.; А. Н. Арилов – д.с.-х.н., проф.; Ю. А. Ватников – д.в.н., проф.; Н. В. Донкова – д.в.н., проф.; Т. С. Кубатбеков – д.б.н., доцент; Е. М. Ленченко – д.в.н., проф.; В. Е. Никитченко – д.в.н., проф.; Н. Н. Балашова – д.э.н., проф.; В. М. Пизенгольц – д.э.н., проф.; Н. Н. Скитер – д.э.н., проф.; Т. В. Папаскири – д.э.н., проф.; М.И. Сложенкина – д.б.н., проф. РАН, проф.; В. Ф. Гороховский – д.с.-х.н., проф.; Аль-Азауи Нагам Маджид Хамид, проф.; М.Ф. Григорьев – д.с.-х.н., доцент

Head editor:

A. F. Tumanyan – Dr. Agr. Sci., Prof.

Editorial Board:

N. N. Dubenok – RAS memb.; V. M. Kosolapov – RAS memb.; A. L. Ivanov – RAS memb.; K. N. Kulik – RAS memb.; I.M. Kulikov – RAS memb.; V. F. Pivovarov – RAS memb.; M. S. Gins – RAS cor.m.; N. V. Tyutyuma – RAS cor.m.; V. G. Plyushchikov – Dr.Sc.agr.; S. N. Elanskij – Dr.Sc.biol.; M. M. Okonov – RAEN cor.m.; Yu. V. Trunov – Dr.Sc.agr.; A. N. Arilov – Dr.Sc.agr.; Yu. A. Vatinikov – Dr.Sc.vet.; N. V. Donkova – Dr.Sc.vet.; T. S. Kubatbekov – Dr.Sc.biol.; E. M. Lenchenko – Dr.Sc.vet.; V. E. Nikitchenko – Dr.Sc.vet.; N. N. Balashova – Dr.Sc.econ.; V. M. Pizengol's – Dr.Sc.econ.; N. N. Skiter – Dr.Sc.econ.; T. V. Papaskiri – Dr.Sc.econ.; M.I. Slozhenkina – Dr.Sc.biol.; V. F. Gorokhovskiy – Dr.Sc.agr.; Nagham Majeed Hameed; M. F. Grigoriev – Dr.Sc.agr

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ПРОБЛЕМЫ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

№3(69) 2026

DOI: 10.32935/2221-7312-2026-69-3

Содержание**Общее земледелие, растениеводство**

Т. Я. Прахова, М. В. Данилов

Инновационные приемы при возделывании эфиромасличных культур в Среднем Поволжье..... 3

С. С. Куколева, О. П. Кибальник,

Е. В. Васильева, В. С. Будрина, М. Г. Сучкова

Продуктивность и экономическая эффективность выращивания нового перспективного сорта льна масличного в засушливых условиях Саратовской области 8

Н. В. Тютюма, И. В. Кущев

Биологическая урожайность нута в зависимости от приемов основной обработки почвы.....15

М. И. Черкашина, Р. Р. Алимгафаров,

Р. Р. Абдулвалеев, А. Г. Черкашина

Химический состав сортов лука репчатого (*Allium cepa* L.) 19

А. Б. Дячкина, Р. Х. Темботов

Влияние биогуматов на агрохимические и биологические свойства почв и урожайность сельскохозяйственных культур (обзор).....25

Селекция, семеноводство и биотехнология растений

М. И. Дулов, И. Н. Шамшин

Молекулярно-генетическая идентификация гена Rvi6 устойчивости к парше у сортов яблони селекции ГБУ СО НИИ «Жигулевские сады» 32

М. И. Дулов, И. Н. Шамшин

Идентификация гена количественного признака FBF7 у сортов яблони селекции ГБУ СО НИИ «Жигулевские сады», ассоциированного с устойчивостью к бактериальному ожогу.....37

Н. В. Тютюма, С. Т. Авдеева

Исходный материал для селекции перца сладкого на повышенное содержание селена в плодах 42

Е. И. Киселева, А. Мустафа Дамба, Р. А. Сибомана, О. В. Эйзикивич,

И. В. Фетисов, Д. Ш. Дьюф, Е. В. Романова, П. Кезимана

SSR-маркеры в оценке генетического разнообразия сортовых коллекций сельскохозяйственных культур: молекулярные основы и практические приложения 46

Садоводство, овощеводство, виноградарство и лекарственные культуры

Р. Х. Темботов, А. Б. Дячкина

Влияние биогумата Биотерра на биологическую активность почв под садовыми насаждениями.....50

Разведение, селекция, генетика и биотехнология животных

Г. Я. Брызгалов, О. М. Капроска, П. М. Колосов

Предпосылки создания генофондного стада оленей эвенской породы в условиях Магаданской области 56

Редактор
Н. А. Зайцева

Оформление и верстка
В. В. Земсков

Адрес редакции:
105318, г. Москва,
Измайловское шоссе, д. 20-1Н

е-mail: agrobio@list.ru.
Интернет: <http://www.nitu.ru>

При перепечатке любых
материалов ссылка на журнал
«Теоретические и прикладные
проблемы агропромышленного
комплекса» обязательна.

Журнал зарегистрирован
Федеральной службой по надзору
в сфере связи и массовых
коммуникаций.
Свидетельство о регистрации
СМИ ПИ ФС77-35867 от 31 марта
2009 года.

ISSN 2221-7312

Включен в перечень изданий
Высшей аттестационной комиссии
Министерства образования
и науки РФ

Формат 60 × 84 1/8

Тираж 1000 экз.

Редакция не несет ответственности за достоверность информации в материалах, в том числе рекламных, предоставленных авторами для публикации. Материалы авторов не возвращаются.

Отпечатано в ООО ИПФ «СТРИНГ»
424006, Республика Марий Эл,
г.о. город Йошкар-Ола,
г. Йошкар-Ола, ул. Малое Чигашево, 4

THEORETICAL & APPLIED PROBLEMS OF AGRO-INDUSTRY

№3(69) 2026

Contents

General Agriculture, Crop Production

T. Ya. Prahova, M. V. Danilov
Innovative Techniques in the Cultivation of Essential Oil Crops
in the Middle Volga Region 3

S.S. Kukoleva, O.P. Kibalnik, E.V. Vasileva, Budrina V.S., M.G. Suchkova
Productivity and Economic Efficiency of Growing
a New Promising Variety of Oil-Producing Lentil in the Dry Conditions
of the Saratov Region 8

N. V. Tyutyuma, I. V. Kushchev
Biological Yield of Chickpeas Depending on the Methods
of Primary Soil Cultivation 15

M.I. Cherkashina, R.R. Alimgafarov, R.R. Abdulvaleev, A.G. Cherkashina
Chemical Composition of Onion Varieties (*Allium cepa* L.) 19

A. B. Dyachkina, R. Kh. Tembotov
Influence of Biohumates on Agrochemical and Biological Properties
of Soils and Crop Yields (Review) 25

Selection and Seed Farming of Agricultural Plants

M. I. Dulov, I. N. Shamshin
Evaluation of Corn Hybrids on Drained Lands of the Upper Volga Region..... 32

M. I. Dulov, I. N. Shamshin
Identification of the Quantitative Trait Gene FBF7 in Apple Varieties Bred
at the State Budgetary Scientific Institution of the Siberian Branch
of the Research Institute «Zhigulevskie Gardens», Associated
with Resistance to Fire Blight..... 37

N. V. Tyutyuma, S. T. Avdeeva
Source Material for Sweet Pepper Breeding for Increased Selenium Content
in Fruits under the Conditions of the Astrakhan Region..... 42

*E. I. Kiseleva., A. Mustapha Damba, R. A. Sibomana, O. V. Eizikovitch,
I. V. Fetisov, D. Ch. Diouf, E. V. Romanova, P. Kezimana*
SSR Markers in Genetic Diversity Assessment of Crop Varietal Collections:
Molecular Bases and Practical Applications..... 46

Gardening, Vegetable, Viticulture and Medicinal Crops

R. K. Tembotov, A. B. Dyachkina
The Effect of Bioterra Biohumate on the Biological Activity
of Soils under Garden Plantings 50

Farm Animal Breeding and Genetics

G. Y. Bryzgalov, O. M. Kaproska, P. M. Kolosov
Prerequisites for Creating a Genefound Stado
of Evenk Red Deer in Magadan Region 56

Инновационные приемы при возделывании эфиромасличных культур в Среднем Поволжье

УДК 633.81:631.811

DOI: 10.32935/2221-7312-2026-69-3-3-7

Т. Я. Прахова (д.с.–х.н.), **М. В. Данилов**
ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур»,
prakhova.tanya@yandex.ru

В современном растениеводстве растет интерес к инновационным и экологически ориентированным подходам возделывания сельскохозяйственных культур. Одним из таких элементов технологии является некорневая подкормка растений микроудобрениями. В статье представлены результаты применения микроудобрений в технологии возделывания нигеллы дамасской и кориандра посевного в условиях лесостепи Среднего Поволжья. Наибольшая урожайность нигеллы отмечена в вариантах с микроудобрениями Полишанс и Берес (1,72 и 1,76 т/га), что на 0,31–0,35 т/га превышало контрольный вариант. Наибольшая урожайность кориандра отмечена в вариантах с обработкой препаратами Фолирус (1,69 т/га) и Биостим (1,66 т/га). Эти результаты превышают контрольный показатель соответственно на 0,25 и 0,22 т/га. Использование изучаемых препаратов увеличивало семенную продуктивность одного растения нигеллы до 1,82 г, кориандра до 2,49 г, что существенно (на 0,4 и 0,7 г) превышало контроль. Применение микроудобрений стимулировали увеличение массы 1000 семян кориандра и нигеллы на 0,35–1,28 г и 0,03–0,27 г. Использование микроудобрений Берес и Биостим способствовало увеличению масличности семян нигеллы и кориандра на 2,3–2,4% и 2,6–2,8%. Использование других препаратов повышало уровень масличности культур относительно контрольного варианта на 0,5–2,4%. Фолиарная обработка кориандра препаратами Берес и Цитовит приводит к увеличению концентрации олеиновой кислоты до 80,4 и 80,8%, соответственно. Применение Цитовита и Фолируса на посевах нигеллы приводило к увеличению содержания линолевой кислоты — до 49,9 и 49,1 %, что на 1,8–2,6 % выше контрольного варианта.

Ключевые слова: Нигелла дамасская, кориандр посевной, микроудобрения, некорневая подкормка, урожайность, масличность, жирные кислоты.

Введение

С каждым годом в современном растениеводстве растет интерес к инновационным и экологически ориентированным подходам возделывания сельскохозяйственных культур [4, 6]. Поэтому все более востребованным становится применение микроудобрений и регуляторов роста. Такие препараты экономически доступны и легко интегрируются в существующие технологии возделывания культур [6, 10].

На сегодняшний день накоплен обширный материал по влиянию микроэлементных препаратов на сельскохозяйственные культуры, в том числе и на масличные и эфиромасличные. Результаты таких исследований доказывают, что их применение активизирует ростовые процессы, повышает устойчивость растений к неблагоприятным факторам среды и фитопатогенам, а также способствует росту продуктивности и улучшению качества маслосемян [8, 11].

При этом, микроудобрения используются как в качестве предпосевной обработки семян, так и в качестве некорневой обработки вегетирующих растений [3, 8]. Обработка вегетирующих растений различными регуляторами роста и микроудобрениями вызывает эффект усиления морфофизиологических процессов в растениях и повышает резистентность растений к неблагоприятным факторам среды [2], что в свою очередь стимулирует урожайность культур и улучшает качественные показатели. Предпосевная обработка

семян способствует ускорению ростовых процессов на ранних этапах развития, повышает устойчивость растений к патогенам и стрессовым факторам, что в конечном итоге обеспечивает прибавку урожая [11].

Однако взаимодействие между растением и питательными микроэлементами носит сложный ассоциативный характер и зависит от множества факторов. Именно поэтому нередко наблюдаются существенные различия в реакции на одно и то же удобрение — не только у растений разных семейств, но даже у представителей одного вида, а иногда и у разных сортов одной культуры [8]. Кроме этого, диапазон эффективности микроудобрений может изменяться и в зависимости от климатических условий возделывания культуры [2, 11].

При этом, в настоящее время, применение микроудобрений и регуляторов роста относится к инновационным агрономическим приемам и является приоритетным экспериментальным направлением. Так как они оказывают заметное влияние на формирование всех хозяйственно-ценных признаков сельскохозяйственных растений, определяющих адаптивность данной культуры к природным условиям конкретного региона.

Объектом наших исследований служили растения кориандра и нигеллы. Кориандр посевной — наиболее распространенная эфиромасличная культура, которую культивируют в основном, для получения семян (плодов) и пряной зелени (кинзы). Плоды его являются источником ценного эфирного и жирного масла соответственно до 0,3–3% и 16–28% [5, 13]. Благодаря своим пряно-

ароматическим свойствам кориандр находит широкое применение: его зеленая масса и плоды используются в качестве пряности в пищевой промышленности, кулинарии и для производства эфирного масла [9].

Нигелла, или тмин черный — ценная культура, которая обладает высокими масличными, эфирномасличными, медоносными и лекарственными свойствами. В семенах нигеллы содержание жирного масла достигает 35–40%, содержание эфирного масла — 1,5–2,0 %, в состав которого входит вещество «timoхинон», что и определяет целительные качества этого растения [1, 7]. Направления использования нигеллы чрезвычайно разнообразны, она применяется в пищевой, фармацевтической, и косметологической промышленности [7, 14].

Биологические особенности нигеллы и кориандра позволяют выращивать их в широком диапазоне почвенно-климатических условий, но для этого необходима адаптированная технология возделывания данных культур для получения высокой урожайности семян [5, 14].

Целью наших исследований являлось изучение эффективности некорневого применения комплекса микроудобрений в технологии возделывания нигеллы и кориандра для получения высокой продуктивности маслосемян в условиях лесостепи Среднего Поволжья.

Материал и методы исследования

Исследования проводили в течение 2023–2025 гг. на базе лаборатории интродукции редких масличных культур ФГБНУ ФНЦ АК ОП Пензенский НИИСХ. Объектами исследований являлись нигелла дамасская сорт Лакки и кориандр посевной сорт Айвенго.

Схема опыта включала следующие варианты: 1) Контроль (обработка водой); 2) Цитовит; 3) Фолирус; 4) Полишанс; 5) Берес; 6) Биостим; 7) Полидон. Опрыскивание проводили в фазу стеблевания культур с нормой расхода препарата 0,5 л/га, расход рабочей жидкости составлял 200 л/га.

Посев нигеллы и кориандра проводили в оптимально ранние сроки (1 декада мая), рядовым способом (с междурядьями 15 см), с нормой высева 3,5 миллиона

всхожих семян на гектар для нигеллы и 3,0 миллиона всхожих семян на гектар для кориандра. Предшественник — чистый пар. Площадь опытных делянок — 10 м², повторность четырехкратная, размещение делянок в опыте систематическое.

Почвенный покров опытного участка представлен выщелоченными черноземами, содержание гумуса в них составляло 5,83%.

Погодные условия в годы исследований существенно различались по гидротермическому режиму. В 2023 г. рост и развитие культур протекало в условиях близких к умеренно-увлажненным, ГТК составил 0,94. Период вегетации нигеллы и кориандра в 2024 г. характеризовался как засушливый, с гидротермическим коэффициентом 0,51 и 0,52 соответственно. В 2025 г. условия вегетации характеризовались как избыточно-увлажненные, значения ГТК составили: для кориандра — 1,33; для нигеллы — 1,31 единицы.

Закладку опытов, оценку урожайности и анализ структуры урожая проводили согласно существующими методиками и указаниями [12].

Результаты исследования и их обсуждение

В результате анализа, проведенных исследований было установлено, что основные элементы, составляющие структуру урожая изучаемых культур, изменялись в зависимости от некорневой подкормки микроудобрениями в положительную сторону. Например, число продуктивных коробочек у нигеллы составило от 9,7 до 10,9 штук на одном растении в вариантах с обработкой микроудобрениями при 8,4 штук в контрольном варианте. Число зонтиков на одном растении кориандра варьировало в пределах 15,2–17,5 штук, что на 0,3–2,6 штук больше, чем в контрольном варианте без обработки (табл. 1).

При этом, изменчивость данного показателя по вариантам была слабой как у нигеллы, так и у кориандра, коэффициент вариации составил соответственно 8,12 и 5,76%.

Табл. 1. Структурные элементы урожая растений кориандра и нигеллы (2023–2025 гг.)

Вариант	Число* коробочек/зонтиков на одном растении, шт.		Масса семян с одного растения, г		Масса 1000 семян, г	
	кориандр	нигелла	кориандр	нигелла	кориандр	нигелла
Контроль	14,9	8,4	1,79	1,42	10,03	3,43
Цитовит	16,6	9,9	2,28	1,66	10,56	3,48
Фолирус	17,5	10,0	1,96	1,68	10,83	3,52
Полишанс	15,2	10,9	2,46	1,70	10,97	3,62
Берес	15,8	10,5	2,14	1,82	11,31	3,70
Биостим	15,3	9,7	2,49	1,71	10,38	3,46
Полидон	16,3	9,9	2,04	1,82	9,91	3,53
НСР ₀₅	3,83	1,65	0,30	0,26	0,47	0,13
V, %	5,76	8,12	11,99	10,96	4,79	2,69

* Число коробочек — у нигеллы; число зонтиков — у кориандра.

Наибольшее число продуктивных коробочек на одном на растении у нигеллы сформировалось в вариантах с обработкой препаратами Полишанс и Берес, которые существенно (на 2,1–2,5 штук) превышали контрольный вариант. Максимальное число зонтиков (17,5 штук) на растении у кориандра отмечено в варианте с применением удобрения Фолирус, что на 2,6 штук больше, чем в варианте без обработки.

Средней вариабельностью (11,99 и 10,96%) характеризовался критерий «семенная продуктивность одного растения». В результате анализа, полученных данных было установлено, что изучаемые микроудобрения стимулировали увеличение массы семян с растения у нигеллы с 1,42 г (контроль) до 1,82 г в вариантах с использованием препаратов Берес и Полидон, увеличение составило в среднем 0,4 г или 28,2% относительно контрольного варианта. Наибольшая семенная продуктивность одного растения кориандра отмечена в вариантах с некорневой обработкой Полишансом и Биостимом, где масса семян с растения составила 2,46 и 2,49 г, что существенно (на 0,67 и 0,7 г) превышала контрольный вариант без обработки.

Также, применение изучаемых препаратов оказало положительное влияние и на крупность семян кориандра и нигеллы, увеличивая ее в среднем на 0,35–1,28 и 0,03–0,27 г, соответственно. Следует отметить, что у кориандра при использовании удобрения Полидон было отмечено незначительное снижение массы 1000 семян (на 0,12 г, при $HCP_{05} = 0,47$ г) по сравнению с вариантом без обработки.

При этом, изменчивость массы 1000 семян по вариантам была минимальной, (коэффициент вариации составил 4,79 и 2,69%). Наиболее крупные и выровненные семена (11,31 и 3,7 г) у изучаемых культур сформировались в варианте с обработкой микроэлементным удобрением Берес, где показатель массы 1000 семян превышал контроль соответственно на 1,28 и 0,27 г.

Как известно, урожайность культуры во многом зависит от параметров структурных элементов, составляющих ее, а также от взаимосвязи их между собой, при том выигрывают те варианты, у которых отмечено их оптимальное сочетание. Совокупность изменений элементов структуры урожая, происходивших у исследованных эфиромасличных культур, способствовало повышению их продуктивности, которая оценивалась по урожайности их семян.

Так, у нигеллы дамасской увеличение урожайности семян происходило во всех вариантах с применением некорневой подкормки растений на 0,06–0,35 т/га, но наибольшая степень интенсивности данного процесса отмечалась при использовании препаратов Полишанс и Берес, где продуктивность культуры возрастала до 1,72 и 1,76 т/га соответственно и прибавка составила 22 и 24,8% относительно контроля (1,41 т/га) (табл. 2).

При листовой обработке кориандра микроудобрениями также наблюдалось изменение урожайности его

семян в сторону увеличения — до 1,49–1,69 т/га при 1,44 т/га в контроле. Наибольшая урожайность отмечена в вариантах с обработкой препаратами Фолирус (1,69 т/га) и Биостим (1,66 т/га). Эти результаты превышают контрольный показатель, где обработка растений проводилась просто водой, соответственно на 0,25 и 0,22 т/га или на 17,4 и 15,3%.

Фолиарная обработка эфиромасличных растений оказало влияние и на накопление жирного масла в семенах. Например, масличность семян нигеллы варьировала от 42,9 до 44,8% в вариантах с применением микроудобрений при 42,4% в варианте без обработки. А некорневая обработка растений кориандра способствовала увеличению содержания жирного масла в семенах на 1,0–2,8 % по сравнению с контролем. При этом наиболее интенсивное маслонакопление и у нигеллы, и у кориандра было характерно для вариантов с применением препаратов Берес (44,8 и 14,7%, соответственно) и Биостим (44,7 и 14,5%, соответственно). Такие данные показывают достоверную прибавку содержания масла в семенах культур, которая составила 2,3–2,4 и 2,6–2,8 %. Использование других препаратов повышало уровень масличности культур относительно контрольного варианта на 0,5–2,4%.

Различные исследования жирнокислотного состава маслосемян кориандра и нигеллы [7, 13] показали, что основную долю масла нигеллы дамасской составляет линолевая кислота (до 46–50%), кориандра — олеиновая кислота, содержание которой варьирует в пределах 77–83 %. Второй по величине у нигеллы является олеиновая кислота, у кориандра — линолевая кислоты, концентрации которых составляют соответственно 25–33 и 12–17%.

Наши исследования показали, что интенсификация ростовых процессов путем некорневой обработки растений микроудобрениями способствует изменению процентного соотношения олеиновой и линолевой кислот в маслосеменах изучаемых культур. Обработка кориандра препаратами Берес и Цитовит приводит к увеличению концентрации олеиновой кислоты до 80,4 и 80,8%, соответственно. При обработке микроудобрением Фолирус отмечено ее снижение на 1,7% по

Табл. 2. Продуктивность и качество семян эфиромасличных культур (2023–2025 гг.)

Вариант	Урожайность, т/га		Масличность, %	
	кориандр	нигелла	кориандр	нигелла
Контроль	1,44	1,41	11,9	42,4
Цитовит	1,62	1,55	12,9	44,2
Фолирус	1,69	1,47	14,3	44,4
Полишанс	1,58	1,72	12,9	43,5
Берес	1,49	1,76	14,7	44,8
Биостим	1,66	1,48	14,5	44,7
Полидон	1,53	1,55	13,1	42,9
HCP_{05}	0,17	0,23	1,86	1,39
V, %	5,80	9,43	7,73	2,12

Табл. 3. Содержание основных жирных кислот в маслосеменах эфиромасличных культур (2023-2025 гг.)

Вариант	Содержание олеиновой кислоты, %		Содержание линолевой кислоты, %	
	кориандр	нигелла	кориандр	нигелла
Контроль	79,8	31,4	15,6	47,3
Цитовит	80,8	30,4	14,7	49,9
Фолирус	78,1	30,8	17,1	49,1
Полишанс	79,9	31,7	15,3	47,4
Берес	80,4	32,1	14,7	47,1
Биостим	79,5	31,3	16,6	47,6
Полидон	80,1	30,7	15,4	48,8
V, %	1,08	1,92	5,84	2,25

сравнению с контролем, однако в данном варианте наблюдается увеличение содержания линолевой кислоты до 17,1% при 15,6% в варианте без обработки (табл. 3).

Наибольшего содержания олеиновая кислота в маслосеменах нигеллы достигает в варианте с обработкой растений препаратом Берес (32,1%), что было выше относительно варианта без обработки на 0,7%. Применение Цитовита приводило к заметному увеличению содержания линолевой кислоты — до 49,9%, что на 2,6% выше контрольного варианта. При этом применение Цитовита, Фолируса и Полидона приводило к некоторому снижению содержания олеиновой кислоты — до 30,4–30,8% по сравнению с контрольным содержанием (31,4%).

Выводы

Таким образом, повышение уровня интенсификации производства эфиромасличных культур, посредством некорневой подкормки их микроудобрениями, оказало стимулирующее действие на рост и развитие растений, что выразилось в увеличении урожайности семян и их качества.

Наибольшая отзывчивость нигеллы отмечена на некорневую подкормку микроудобрениями Полишанс и Берес, применение которых способствовало формированию наибольшего урожая семян — 1,72 и 1,76 т/га, что достоверно на 0,31–0,35 т/га превышало контрольный вариант. При листовой обработке кориандра наибольшая урожайность отмечена в вариантах с обработкой препаратами Фолирус (1,69 т/га) и Биостим (1,66 т/га), которые превышают контрольный показатель соответственно на 0,25 и 0,22 т/га или на 17,4 и 15,3%. Это подтверждается также высокими показателями элементов структуры урожая.

Использование микроудобрений Берес и Биостим способствовало увеличению масляности семян нигеллы и кориандра на 2,3–2,4 и 2,6–2,8%. Использование других препаратов повышало уровень масляности культур относительно контрольного варианта на 0,5–2,4%. Обработка кориандра и нигеллы препаратом Цитовит приводила к увеличению концентрации основных жирных кислот: олеиновой и линолевой до 80,8 и 49,9% соответственно, что превышало значения варианта без обработки на 1,0 и 2,6%.

Литература

- Алхасова, Х.М. Влияние масла черного тмина на морфофункциональную характеристику тромбоцитов при экзогенной тромбинемии / Х.М. Алхасова, В.Г. Соловьев, О.В. Черничук // Современные вопросы биомедицины. — 2023. — № 2 (23). — п.н.1.
- Бакулова, И.В. Листовые подкормки в технологии возделывания конопли посевной в условиях Среднего Поволжья / И.В. Бакулова // Аграрный научный журнал. — 2023. — № 7. — С. 4-10.
- Будник, М.И. Новый научно-методический подход к экологической обработке семян льна, повышающей всхожесть и предотвращающей слипание посевного материала / М.И. Будник, С.Н. Сергеев, К.А. Тараскин, Л.М. Апашева, Р.А. Ростовцев, И.В. Ушаповский, Н.В. Пролетова и др. // Актуальные вопросы биологической физики и химии. — 2023. — № 8. — С. 347-352.
- Гриц, Н.В. Использование элементов точного сельского хозяйства для получения климатически обоснованной урожайности сельскохозяйственных культур в специализированных севооборотах / Н.В. Гриц, Р.А. Ростовцев, А.В. Диченский // Аграрная наука. — 2023. — № 10. — С. 88-94.
- Губанов, В.Г. Перспективные сорта кориандра посевного для выращивания в северной лесостепи Тюменской области / В.Г. Губанов, А.Г. Губанов, В.М. Губанова // Аграрный научный журнал. — 2025. — № 2. — С. 20-23.
- Зубкова, Т.В. Особенности применения микроудобрений в агроценозах ярового рапса / Т.В. Зубкова, М.Т. Мухина, Д.В. Виноградов // Плодородие. — 2023. — № 3 (132). — С. 44-48.
- Исакова, А.А. Нигелла в Беларуси / А.А. Исакова, В.Н. Прохоров, А.В. Исаков. — Горки, 2021. — 118 с.
- Лебедев, В.Н. Применение биопрепаратов при выращивании некоторых эфиромасличных растений на зеленую массу / В.Н. Лебедев, Г.А. Ураев // Пермский аграрный вестник. — 2026. — № 1 (53). — С. 56-63.
- Опимах, В.В. Кориандр и кинза. Два названия одной эфиромасличной культуры / В.В. Опимах // Наше сельское хозяйство. — 2025. — № 1 (345). — С. 76-80.
- Прахова, Т.Я. Эффективность применения микроудобрений на посевах крамбе абиссинской / Т.Я. Прахова, И.В. Одрин // Международный сельскохозяйственный журнал. — 2023. — № 2 (392). — С. 171-174.
- Прахова, Т.Я. Влияние стимуляторов роста на урожайные свойства масличных культур в условиях Среднего Поволжья / Т.Я. Прахова // Международный сельскохозяйственный журнал. — 2022. — № 4. — С. 358-362.
- Цицилин, А.Н. Методика исследований при интродукции лекарственных и эфиромасличных растений / А.Н. Цицилин, Н.И. Ковалев, И.Н. Коротких, И.В. Басалаева, А.В. Бабенко, О.М. Савченко, Ф.М. Хазиева. — М: ФГБНУ ВИЛАР, 2022. — 64 с.

13. Шаова, Ж.А. Особенности роста, развития и формирования урожайности сортов кориандра / Ж.А. Шаова, В.Н. Косарев, М.С. Галичева // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. – 2025. – № 2. – С. 139-149.
14. Prakhova, T.Ya. Ecological aspects of the productivity of nigella varieties under the conditions of the Middle Volga region/ T.Ya. Prakhova // Russian Agricultural Sciences. – 2022. – № 3. – С. 169-173.

References

1. Alkhasova, Kh.M. Vliyaniye masla chernogo tmina na morfofunktsional'nyuy kharakteristiku trombotsitov pri ekzogennoy trombinemii / Kh.M. Alkhasova, V.G. Solov'yev, O.V. Chernichuk // Sovremennyye voprosy biomeditsiny. – 2023. – № 2 (23). – p.n.l.
2. Bakulova, I.V. Listovye podkormki v tekhnologii vozdeleyvaniya konopli posevnoj v usloviyakh Srednego Povolzh'ya / I.V. Bakulova // Agrarnyy nauchnyy zhurnal. – 2023. – № 7. – С. 4–10.
3. Budnik, M.I. Novyy nauchno-metodicheskiy podkhod k ekologicheskoy obrabotke semyan l'na, povyshayushchey vskhozhest' i predotvrashchayushchey slipaniye posevnogo materiala/ M.I. Budnik, S.N. Sergeev, K.A. Taraskin, L.M. Apasheva, R.A. Rostovtsev, I.V. Ushchapovskiy, N.V. Proletova i dr. // Aktual'nyye voprosy biologicheskoy fiziki i khimii. – 2023. – № 8. – С. 347-352.
4. Grits, N.V. Ispol'zovaniye elementov tochnogo sel'skogo khozyaystva dlya polucheniye klimaticheskoy obosnovannoy urozhaynosti sel'skokhozyaystvennykh kul'tur v spetsializirovannykh sevooborotakh/ N.V. Grits, R.A. Rostovtsev, A.V. Dichenskiy // Agrarnaya nauka. – 2023. – № 10. – С. 88-94.
5. Gubanov, V.G. Perspektivnyye sorta koriandra posevnogo dlya vyrashchivaniya v severnoy lesostepi Tyumenskoy oblasti / V.G. Gubanov, A.G. Gubanov, V.M. Gubanova // Agrarnyy nauchnyy zhurnal. – 2025. – № 2. – С. 20–23.
6. Zubkova, T.V. Osobennosti primeneniya mikroudobreniy v agrotsenozakh yarovogo rapsa / T.V. Zubkova, M.T. Mukhina, D.V. Vinogradov // Plodorodiye. – 2023. – № 3 (132). – С. 44-48.
7. Isakova, A.L. Nigella v Belarusi / A.L. Isakova, V.N. Prokhorov, A.V. Isakov. – Gorki, 2021. – 118 s.
8. Lebedev, V.N. Primneniye biopreparatov pri vyrashchivaniy nekotorykh efiromaslichnykh rasteniy na zelenuyu massu / V.N. Lebedev, G.A. Urayev // Permskiy agrarnyy vestnik. – 2026. – № 1 (53). – С. 56-63.
9. Opimakh, V.V. Koriandr i kinza. Dva nazvaniya odnoy efiromaslichnoy kul'tury / V.V. Opimakh // Nashe sel'skoye khozyaystvo. – 2025. – № 1 (345). – С. 76-80.
10. Prakhova, T.YA. Effektivnost' primeneniya mikroudobreniy na posevakh krambe abissinskoy / T.YA. Prakhova, I.V. Odrin // Mezhdunarodnyy sel'skokhozyaystvennyy zhurnal. – 2023. – № 2 (392). – С. 171-174.
11. Prakhova, T.YA. Vliyaniye stimulyatorov rosta na urozhaynyye svoystva maslichnykh kul'tur v usloviyakh Srednego Povolzh'ya / T.YA. Prakhova // Mezhdunarodnyy sel'skokhozyaystvennyy zhurnal. – 2022. – № 4. – С. 358-362.
12. Tsitsilin, A.N. Metodika issledovaniy pri introduktsii lekarstvennykh i efiromaslichnykh rasteniy/ A.N. Tsitsilin, N.I. Kovalev, I.N. Korotkikh, I.V. Basalayeva, L.V. Babenko, O.M. Savchenko, F.M. Khaziyeva. – M: FGBNU VILAR, 2022. – 64 s.
13. Shaova, ZH.A. Osobennosti rosta, razvitiya i formirovaniya urozhaynosti sortov koriandra / ZH.A. Shaova, V.N. Kosarev, M.S. Galicheva // Izvestiya Kabardino-Balkarskogo nauchnogo tsentra RAN. – 2025. – № 2. – С. 139-149.
14. Prakhova, T.Ya. Ecological aspects of the productivity of nigella varieties under the conditions of the Middle Volga region/ T.Ya. Prakhova // Russian Agricultural Sciences. – 2022. – № 3. – С. 169-173.

T. Ya. Prakhova, M. V. Danilov

FSBRI «Federal Research Center for Bast Fiber Crops»

prakhova.tanya@yandex.ru

INNOVATIVE TECHNIQUES IN THE CULTIVATION OF ESSENTIAL OIL CROPS IN THE MIDDLE VOLGA REGION

In modern crop production, there is a growing interest in innovative and environmentally friendly approaches to crop cultivation. One of such elements of technology is foliar feeding of plants with micronutrients. The article presents the results of the application of micronutrient fertilizers in the cultivation technology of Nigella damascena and Coriander sativa in the forest-steppe conditions of the Middle Volga region. The highest yield of nigella was observed in the variants with microfertilizers Polishans and Beres (1.72 and 1.76 t/ha), which was 0.31–0.35 t/ha higher than the control variant. The highest yield of coriander was observed in variants treated with Folirus (1.69 t/ha) and Biostim (1.66 t/ha). These results exceed the control indicator by 0.25 and 0.22 t/ha, respectively. The use of the studied preparations increased the seed productivity of one nigella plant to 1.82 g, coriander to 2.49 g, which significantly (by 0.40 and 0.70 g) exceeded the control. The use of microfertilizers stimulated an increase in the weight of 1000 coriander and nigella seeds by 0.35–1.28 g and 0.03–0.27 g. The use of microfertilizers Beres and Biostim contributed to an increase in the oil content of nigella and coriander seeds by 2.3–2.4% and 2.6–2.8%. The use of other preparations increased the level of oil content of crops relative to the control variant by 0.5–2.4%. Foliar treatment of coriander with Beres and Cytovit preparations leads to an increase in the concentration of oleic acid to 80.4 and 80.8%, respectively. The use of Cytovit and Folirus on nigella crops led to an increase in the content of linoleic acid – up to 49.9 and 49.1%, which is 1.8–2.6% higher than the control variant.

Key words: Nigella damascena, Coriander sativa, micronutrients, foliar feeding, yield, oil content, fatty acids.

Продуктивность и экономическая эффективность выращивания нового перспективного сорта льна масличного в засушливых условиях Саратовской области

УДК 633.854.54:631.527:64.011.4

DOI: 10.32935/2221-7312-2026-69-3-8-14

С. С. Куколева (к.с.-х.н.), **О. П. Кибальник** (д.б.н.),
Е. В. Васильева (д.э.н.), **В. С. Будрина** (к.с.-х.н.), **М. Г. Сучкова**

Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт сорго и кукурузы,
 lily74-88@mail.ru

В статье представлены результаты оценки образцов льна масличного по комплексу селекционно-ценных признаков и биоэнергетической эффективности возделывания культуры в условиях Саратовской области. При проведении эксперимента предусматривается проведение фенологических наблюдений, выявление дат прохождения фаз развития растений и определения продолжительности периодов их развития. По продолжительности периода от всходов до созревания все формы масличного льна входят в группу среднеспелых. Период от посева до всходов варьировал от 8 до 11 дней. Фенологические наблюдения показали, что период от всходов до фазы «ёлочка» составил 14–19 дней; межфазный период «всходы-бутонизация» варьировал от 25 до 35 дней; средняя продолжительность периода от всходов до цветения варьировала от 29 до 35 дней. Интервал варьирования высоты растений составил от 44,86 см до 67,3 см. Диапазон варьирования высоты прикрепления нижних ветвей льна масличного составил от 30,5 до 43,2 см. С высокой урожайностью отмечен сорт Флаксон (10,4 ц/га), на 3,2–2,3 ц/га превысил сорта-стандарты. Расчет экономической эффективности выращивания данных образцов льна масличного свидетельствует о целесообразности использования нового сорта льна масличного Флаксон в сельскохозяйственном производстве, характеризующегося более высокой продуктивностью. Возделывание сорта Флаксон с заданными селекционными характеристиками способствует увеличению валового сбора семян и отличается более высокой рентабельностью производства в засушливых условиях Саратовской области по сравнению с районированным стандартами сортами Итиль и Рашель: уровень рентабельности составил 72,1% и 67,6–68,6%, соответственно. Согласно проведенным исследованиям выделен перспективный сорт льна масличного Флаксон, на который направлены документы в ФГБУ «Госсорткомиссия» для передачи на государственное сортоиспытание.

Ключевые слова: лён масличный, селекция, вегетационный период, морфометрические показатели, экономическая эффективность.

Введение

В последние годы на мировом и российском рынках отмечается высокий спрос на масличные культуры и продукты их переработки. В связи с высокой и устойчивой закупочной ценой на маслосемена возросли объёмы масличного производства. Выращивание новых масличных культур позволит хозяйствам не только получать стабильную прибыль, но и создать идеальный фон для последующих в севообороте культур [7]. Благодаря относительно ранним срокам сева, короткому периоду вегетации и отсутствию общих патогенов лён масличный является хорошим предшественником для большинства возделываемых сельскохозяйственных культур [1]. Его можно применять в качестве страховой культуры в случае гибели озимых зерновых в зимний период [8, 12].

В сельском хозяйстве широко возделывается только один вид *Linum usitatissimum* L. (от латинизированного греческого *Linon* – нить; латинского *usitatis* – употребительный или полезнейший). Такое название дал ему при описании Карл Линней, вследствие большого разнообразия получаемых из растения льна продуктов. Лен

культурный отличается тем, что при созревании спелые коробочки не растрескиваются и остаются закрытыми.

Производство льна масличного в современных условиях базируется на возделывании высокоурожайных, высокомасличных, устойчивых к основным патогенам сортах, гарантирующих получение товарной продукции, соответствующей мировым стандартам качества [6].

Считается, что масличный лён неприхотлив к условиям возделывания, обеспечивает высокие урожаи маслосемян, отличается сравнительно высокой стабильностью продуктивности, не требует для возделывания специальных сельхозмашин [2, 10]. Высокая приспособляемость льна к различным экологическим и климатическим факторам обеспечивает его массовое распространение. Благодаря этой способности, лён успешно культивируется на обширной территории, от экватора до северных широт европейской части России. Его биологическая пластичность, устойчивость к низким температурам и отзывчивость на улучшение агротехники делают его привлекательной культурой [11].

Целью исследования является выведение нового продуктивного сорта льна масличного характеризую-

щегося высокой экономической эффективностью возделывания в засушливых условиях Саратовской области. Для достижения данной цели решались следующие задачи: оценить фенологические и морфологические особенности, продуктивность перспективного сорта льна масличного; обосновать экономическую эффективность возделывания нового сорта льна масличного.

Материал и методы исследования

Объектами исследований послужили сортообразцы льна масличного: Рашель, Итиль – в качестве стандарта, сорт — Флаксон и линии Л-66/24, Л-67/24. Агротехника выращивания — зональная, разработанная в ФГБНУ РосНИИСК «Россорго». Норма высева — 7 млн. семян/га. Способ посева — рядовой с применением кассетной сеялки СКС 6-10. Исследования проводятся в полевых условиях согласно соответствующим методикам полевого опыта и методике агротехнических исследований в опытах с основными полевыми культурами, разработанными научными учреждениями Нижнего Поволжья [5, 13]. Постановка эксперимента, полевые учеты и наблюдения проводятся в соответствии с международным классификатором СЭВ вида *Linum usitatissimum* L. [15], методикой государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур [16–18], методикой проведения испытаний на отличимость, однородность, стабильность ФГБУ «Госсорткомиссия» [19].

При постановке экспериментов предусматривается проведение фенологических наблюдений, морфометрические измерения, оценка элементов семенной продуктивности, обоснование экономической эффективности.

Статистическая обработка данных проводится с помощью программы AGROS версии 2.09 методом дисперсионного анализа [26].

Результаты исследования и их обсуждение

Проведение фенологических наблюдений за растениями льна масличного в течение вегетационного периода. Продолжительность вегетационного периода является важным биологическим признаком, имеющим большое практическое значение. Генетическое разнообразие коллекционных образцов позволяет создавать сорта с разной продолжительностью вегетационного периода. У льна масличного данный признак изменя-

ется в зависимости от генотипа сорта, географического положения местности и метеорологических условий года [9, 14].

За период вегетации лён масличный проходит несколько этапов роста, называемых фазами, а также несколько этапов развития, называемых стадиями. Фазы роста растений характеризуются морфологическими изменениями, сопровождающимися образованием новых органов растения на протяжении всей его жизни. У льна масличного различают следующие фазы роста и развития: всходы (фаза семядолей), «ёлочка», бутонизация, цветение, созревание [3, 21].

При проведении эксперимента предусматривается проведение фенологических наблюдений, выявление дат прохождения фаз развития растений и определения продолжительности периодов их развития. Продолжительность вегетационного периода определяет сроки хозяйственного использования культуры [22]. В процессе вегетационного периода проведены фенологические наблюдения и осуществлена фиксация дат прохождения растениями основных фаз развития (табл. 1).

В условиях года вегетационный период у сортов льна масличного составил 82-97 суток (табл. 2). По продолжительности периода от всходов до созревания по И.А. Минкевич [20], все формы масличного льна входят в группу среднеспелых — от 83 до 95 дней. Период от посева до всходов варьировал от 8 до 11 дней. Фенологические наблюдения показали, что период от всходов до фазы «ёлочка» составил 14–19 дней; межфазный период «всходы-бутонизация» варьировал от 25 до 35 дней; средняя продолжительность периода от всходов до цветения варьировала от 29 до 35 дней, а продолжительность цветения образцов изменялась от 5 до 22 дней. Более раннего срока созревания, с продолжительностью межфазного периода «всходы-полная спелость» составил 82 дня у сорта Флаксон. С более поздним сроком созревания отмечена линия Л-66/24 (97 дней).

Оценка исходного материала по основным селекционным признакам льна масличного. Высота растений льна масличного — один из сортовых признаков, который может варьироваться в зависимости от сорта и погодных условий [23]. Интервал варьирования высоты растений составил от 44,86 см (Флаксон) до 67,3 см (Л-66/24). При двойном использовании, на семена

Табл. 1. Результат проведения фенологических наблюдений за растениями льна масличного в течение вегетационного периода

Сортообразец	Дата					
	посев	всходы	фаза «ёлочка»	бутонизация	массовое цветение	полная спелость
Рашель	15.05	23.05	7.06	25.06	1.07	22.08
Итиль	15.05	22.05	5.06	26.06	4.07	22.08
Флаксон	15.05	22.05	5.06	19.06	26.06	11.08
Л-66/24	15.05	25.05	12.06	26.06	15.07	30.09
Л-67/24	15.05	22.05	5.06	20.06	8.07	26.08

Табл. 2. Продолжительность межфазных периодов льна масличного

Сортообразец	посев-всходы	всходы-«елочка»	всходы-бутионизация	всходы-цветение	всходы-полная спелость
Рашель	9	15	33	39	91
Итиль	8	14	35	43	92
Флаксон	8	15	29	36	82
Л-66/24	11	19	33	52	97
Л-67/24	8	14	29	47	96
НСР ₀₅	0,53	0,92	1,91	2,60	5,50

Табл. 3. Оценка исходного материала по основным селекционным признакам льна масличного высоты растений и высоты прикрепления нижних ветвей

Сортообразец	Высота растения, см	Высота прикрепления нижних ветвей, см
Рашель	59,8	31,7
Итиль	66,8	42,8
Флаксон	44,9	30,5
Л-66/24	67,3	43,2
Л-67/24	62,2	34,6
НСР ₀₅	3,61	2,19

и волокно, необходимо создавать сорта льна с высотой растений от 65 см и выше к которым относятся следующие образцы: Итиль, Л-67/24, Л-66/24 [9]. Флаксон, Рашель, Л-67/24 рекомендуется использовать для производства масла (табл. 3).

Для льна культурного важным показателем является длина стебля до первого бокового побега [25]. Диапазон варьирования высоты прикрепления нижних ветвей льна масличного составил от 30,5 (Флаксон) до 43,2 см (Л-66/24), что позволяет рекомендовать их в качестве ценных источников в селекции льна масличного на короткое волокно.

Густота стояния растений существенно влияет на формирование специфического микроклимата в посевах льна масличного и, как следствие, на развитие патогенов. В загущенном стеблестоем уровне влажности, развития болезней и фитофагов повышается на 15–20%, в результате урожайность снижается на 30% и более [28]. Густота стояния растений составила 550–610 шт./м². При созревании льна масличного проведен учет параметров урожая (табл. 4). Варьирование элементов структуры урожая составило: масса 1000

семян — 5,9–7,2 г, урожайность семян — 6,3–11,2 ц/га, масса семян с растения — 1,1–1,9 шт.

Масса 1000 семян является прямым признаком, характеризующим крупность семян, и косвенным показателем при оценке урожайности льна масличного. Данный показатель в зависимости от метеорологических условий года возделывания может незначительно изменяться [24]. К крупносеменным относится сорт Флаксон, в среднем его масса 1000 семян составила 6,8 г, что на 0,6–0,3 г больше, чем у сортов стандартов. Также с высокой урожайностью отмечен сорт Флаксон — 10,4 ц/га, на 3,2–2,3 ц/га превысил сорта-стандарты.

Расчет экономической эффективности выращивания в засушливых условиях Саратовской области. Экономическая эффективность возделывания льна зависит как от его сортовых особенностей, так и от применяемых элементов технологии возделывания (густота стояния, применение удобрений, средств защиты растений и т.д.). Стоимость продукции определяется величиной урожайности и ценой на семенной материал [4, 27]. При выращивании данных образцов льна масличного этот показатель составляет 104400–156000 руб.

В табл. 5 представлена экономическая эффективность возделывания льна масличного. Согласно данным представленной таблицы, производство всех изучаемых образцов семян льна является экономически выгодным. Производство всех исследуемых образцов рентабельно. В зависимости от сортовых особенностей отдельных сортов и линий льна, их себестоимость варьируется. Если проанализировать структуру себестоимости производства льна, то наибольший удельный вес в ней занимают затраты на содержание основных средств, ГСМ (горюче-смазочные материалы), удобрения и

Табл. 4. Оценка исходного материала по основным селекционным признакам элементов семенной продуктивности и урожайность образцов льна масличного

Сортообразец	Густота стояния растений, шт. / м ²	Масса 1000 семян, г	Масса семян с одного растения, г	Урожайность семян, ц/га
Итиль	563,3	6,2	1,4	8,1
Рашель	570	6,5	1,3	7,2
Флаксон	600	6,8	1,7	10,4
Л-66/24	576,7	6,1	1,3	7,7
Л-66/24	563,3	6,4	1,5	8,6
НСР ₀₅		0,38	0,09	0,50

Табл. 5. Расчет экономической эффективности возделывания льна

Показатели	Итиль	Рашель	Флаксон	Λ-66/24	Λ-67/24
Затраты по организации производства и управлению, руб.	5 707,1	5 016,5	7 341,5	5 317,7	5 968,5
Прочие прямые затраты, руб.	6 552,6	5 759,7	8 429,1	6 105,5	6 852,7
Работы и услуги, руб.	6 482,2	5 697,8	8 338,5	6 039,8	6 779,0
Затраты на содержание основных средств, руб.	11 343,8	9 971,1	14 592,4	10 569,7	11 863,3
Горюче-смазочные материалы, руб.	8 455,0	7 431,9	10 876,3	7 878,0	8 842,2
Удобрения и средства защиты растений, руб.	11 555,2	10 156,9	14 864,3	10 766,6	12 084,3
Семена, руб.	8 525,4	7 493,8	10 967,0	7 943,7	8 915,9
Оплата труда с начислениями, руб.	11 837,0	10 404,6	15 226,8	11 029,2	12 379,0
Итого: себестоимость полученной продукции, руб.	70 458,3	61 932,2	90 636,0	65 650,2	73 684,8
Цена, руб./ц	14 500,0	14 500,0	15 000,0	14 000,0	14 000,0
Стоимость продукции, руб.	117 450,0	104 400,0	156 000,0	107 800,0	120 400,0
Прибыль, руб.	46 991,7	42 467,8	65 364,0	42 149,8	46 715,2
Уровень рентабельности, %	66,7	68,6	72,1	64,2	63,4

средства защиты растений, оплата труда с начислениями (трудоемкость процесса). В структуре себестоимости, в совокупности перечисленные виды (без затрат на организацию процесса производства и затрат на оплату труда) составляют более 50%.

Затраты на организацию производства и управление, затраты на оплату труда с начислениями в совокупности составляют около 25% в общей структуре себестоимости производства растениеводческой продукции льна. Затраты на удобрения и средства защиты растений составляют более 16% в общей структуре себестоимости, однако в зависимости от состояния почвы и посевов могут варьироваться. Величина затрат в структуре себестоимости может изменяться в зависимости от конкретного сорта, поскольку характер проектно-изыскательских работ тоже имеет свои особенности.

Согласно данным табл. 5, наибольшая величина себестоимости полученной продукции наблюдалась у сортов льна Итиль, Флаксон и линии Λ-67/24 — 70458,3 руб., 90636 руб. и 73684,8 руб., соответственно. Урожайность у данных сортов и линии льна также наибольшая: Итиль — 8,1 ц/га, Флаксон — 10,4 ц/га, Λ-67/24 — 8,6 ц/га. Эти сорта и линия также выделяются по величине полученной прибыли, которая выше, чем у других образцов льна: 46991,7 руб. (Итиль), 65364 руб. (Флаксон) и 46715,2 (Λ-67/24). Наибольшая рентабельность наблюдается у нового сорта льна Флаксон — 72,1%. Наименьшая рентабельность наблюдалась у линии Λ-67/24 — 63,4%.

Так, в наибольшей степени именно уровень рентабельности позволяет определить реальную отдачу от вложенных затрат в производство соответствующего сорта или гибрида сельскохозяйственного растения. В данных исследованиях он составил 63,4–72,1%. Себестоимость может быть высокой, но если урожай-

ность также будет высокой, то она (урожайность) повлияет на величину прибыли и рентабельности они увеличатся.

Таким образом, возделывание сорта Флаксон, с заданными селекционными характеристиками способствует увеличению валового сбора семян и отличается более высокой рентабельностью производства в условиях региона по сравнению с районированными стандартами сортами Итиль и Рашель. В этой связи, выведение нового продуктивного сорта с высокой биологической ценностью способствует повышению экономической эффективности его выращивания в засушливых условиях Саратовской области. Величина полученной прибыли у сорта Флаксон составляет 65364 руб., а уровень рентабельность 72,1%.

Выводы

В результате проведенных исследований проведена оценка образцов льна масличного по комплексу селекционно-ценных признаков и экономической эффективности возделывания культуры в условиях Саратовской области. В условиях года вегетационный период у сортов льна масличного сорта Флаксон составил 82 дня (что соответствует ранней группе спелости) по сравнению с селекционной линией Λ-66/24, характеризующейся более поздним сроком созревания (97 дней). Новый сорт уступил стандартам по высоте растения (44,9 см), однако данный морфометрический признак соответствует параметрам сорта в селекции на повышении масличности. Диапазон варьирования высоты прикрепления нижних ветвей льна масличного составил от 30,5 (Флаксон) до 43,2 см (Λ-66/24), что позволяет рекомендовать их в качестве ценных источников в селекции льна масличного на короткое волокно.

Анализ структуры урожайности позволил выделить новый сорт, отличающийся крупными семенами: масса 1000 семян составила 6,8 г, что на 0,3–0,6 г больше, чем у сортов стандартов; высокой урожайностью — 10,4 ц/га, что на 2,3–3,2 ц/га превысил сорта-стандарты. Показатель рентабельности позволяет определить реальную отдачу от вложенных затрат в производство нового сорта сельскохозяйственного растения. Так, возделывание сорта Флаксон, с заданными селекционными характеристиками способствует увеличению валового

сбора семян и отличается более высокой рентабельностью производства в условиях региона по сравнению с районированными стандартами сортами Итиль и Рашель: уровень рентабельности составил 72,1 и 67,6–68,6%, соответственно. Согласно проведенным исследованиям выделен перспективный сорт льна масличного Флаксон, на который направлены документы в ФГБУ «Госсорткомиссия» для передачи на государственное сортоиспытание.

Литература

1. Виноградов, Д.В. Влияние норм высева и удобрений на продуктивность льна масличного / Д.В. Виноградов, А.А. Кунцевич // Вестник Красноярского ГАУ. – 2015. – № 6. – С. 182-186.
2. Гайнуллин, Р.М. Лен масличный / Р.М. Гайнуллин, Д.А. Краснова, М.Ш. Тагиров. – Казань, 2005. – 86 с.
3. Галкин, Ф.М. Лен масличный: селекция, семеноводство, технология возделывания и уборки / Ф.М. Галкин, В.И. Хатнянский, Н.М. Тишков. – Краснодар: ВНИИМК, 2008. – 191 с.
4. Герасимова, Е.Б. Экономический анализ / Е.Б. Герасимова. – М.: ИНФРА-М, 2022. – 245 с.
5. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований / Б.А. Доспехов. – М.: Альянс, 2014. – 351 с.
6. Дридигера, В.К. Лен масличный на Ставрополье: монография. / В.К. Дридигера, А.Н. Есаулко, Г.Р. Дорожко. – Ставрополь: Ставропольское издательство «Параграф», 2013. – 148 с.
7. Егорова, Н.С. Возделывание льна масличного в Тульской области / Н.С. Егорова, Д.В. Виноградов // АгроЭкоИнфо. – 2016. – № 4 (26). [Электронный ресурс: <http://agroecoinfo.narod.ru/journal/index.html>]
8. Захарова, Л.М. Новые послевсходовые гербициды на льне / Л.М. Захарова // Защита и карантин растений. – 2013. – № 4. – С. 31-34.
9. Казарина, А.В. Изучение мировой коллекции льна масличного как исходного материала для селекции в условиях лесостепи Среднего Поволжья / А.В. Казарина, В.Ф. Казарин, Л.А. Косых, Е.А. Атакова // Успехи современного естествознания. – 2018. – № 1. – С. 18-22.
10. Колотов, А.П. Расширение ареала возделывания льна масличного в Уральском федеральном округе / А.П. Колотов // Науч.-техн. бюл. ВНИИ масличных культур. – 2012. – Вып. 1 (150). – С. 96-99.
11. Куколева, С.С. Создание идеотипа сорта льна масличного С.С. Куколева, М.А. Мещеряков, Е.В. Подгорнов, М.Г. Сучкова, В.В. Светлов // Теоретические и прикладные проблемы АПК. – 2025. – №3 (65). – С. 39-43.
12. Лукомец, В.М. Интегрированный подход к защите посевов льна масличного от вредных организмов / В.М. Лукомец, В.Т. Пивень, Н.М. Тишков // Защита и карантин растений. – 2010. – №5. – С. 52-56.
13. Лукомец, В.М. Методика агротехнических исследований в опытах с основными полевыми культурами / В.М. Лукомец, Н.М. Тишков, С.А. Семеренко. – Краснодар: Просвещение-Юг, 2022. – 538 с.
14. Маслинская, М.Е. Результаты изучения коллекции сортообразцов льна масличного в РУП «Институт льна» / М.Е. Маслинская, Е.А. Андроник, Е.В. Иванова // Земледелие и селекция в Беларуси. – 2021. – № 57. – С. 463-469.
15. Международный классификатор СЭВ вида *Linum usitatissimum* L. – Л.: ВИР, 1989. – 37 с.
16. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур Выпуск третий. Масличные, эфиромасличные, лекарственные и технические культуры, шелковица, тутовый шелкопряд. – М.: ФГБУ «Госсорткомиссия», 1983. – 184 с.
17. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Выпуск первый. Общая часть. – М.: ФГБУ «Госсорткомиссия», 2019. – 329 с.
18. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. – М.: Колос, 1989. – 194 с.
19. Методика проведения испытаний на отличимость, однородность и стабильность. Лен масличный, лен-долгунец (*Linum usitatissimum* L.). – М.: ФГБУ «Госсорткомиссия», 1995. – 4 с.
20. Минкевич, И.А. Лен масличный / И.А. Минкевич. – М.: Сельхозгиз, 1957. – 179 с.
21. Попеляева, Н.Н. Рост и развитие среднеспелых сортов льна масличного в условиях Низкогорий Алтая / Н.Н. Попеляева, А.А. Аргоков // Научный вестник Горно-Алтайского государственного университета. – 2024. – № 18. – С. 101-110.
22. Пороховинова, Е.А. Создание и изучение генетической коллекции льна: *Linum usitatissimum* L.: дис. канд. биол. наук: 03.00.15 / Е.А. Пороховинова. – Санкт-Петербург: Всерос. науч.-исслед. ин-т растениеводства им. Н.И. Вавилова РАНХН, 2002. – 210 с.
23. Порхунцова, О.А. Использование гистологических признаков стеблей в селекции льна масличного / О.А. Порхунцова, В.Н. Томашева // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 3. – С. 154-158.
24. Порхунцова, О.А. Семенная продуктивность как фактор, определяющий потенциал урожайности семян льна масличного / О.А. Порхунцова, В.Н. Зацепина // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2023. – № 2. – С. 64-68.

25. Порхунцова, О.А. Скрининг исходного материала в селекции на качество семян льна масличного О.А. Порхунцова, С.В. Егоров // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 3. – С. 88-93.
26. Седловский, А.И. Генетико-статистические подходы к теории селекции самоопыляющихся культур / А.И. Седловский, С.П. Мартынов, Л.К. Мамонов. – Алма-Ата: Наука, 1982. – 198 с. (раздел «Параметры распределения»)
27. Федотов, В.А. Экономика / В.А. Федотов, О.В. Комарова. – М.: ИНФРА-М, 2024. – 196 с.
28. Фесько, Д.Ю. Влияние густоты стеблестоя на фитосанитарное состояние посевов и продуктивность льна масличного / Д.Ю. Фесько // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. – № 3. – С. 42-45.

References

1. Vinogradov, D.V. The influence of seeding rates and fertilizers on the productivity of oilseed flax/ D.V. Vinogradov, A.A. Kuntsevich // Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University. – 2015. – No. 6. – Pp. 182-186.
2. Gainullin, R.M. Oilseed flax/ R.M. Gainullin, D.A. Krasnova, M.Sh. Tagirov. – Kazan, 2005. – 86 p.
3. Galkin, F.M. Oilseed flax: breeding, seed production, technology of cultivation and harvesting / F.M. Galkin, V.I. Khatnyansky, N.M. Tishkov. – Krasnodar: VNIIMK, 2008. – 191 p.
4. Gerasimova, E.B. Economic analysis / E.B. Gerasimova. – Moscow: INFRA-M, 2022. – 245 p.
5. Dospekhov, B.A. Methodology of field experience with the basics of statistical processing of research results / B.A. Dospekhov. – M.: Alliance, 2014. – 351 p.
6. Dridigera, V.K. Oilseed flax in Stavropol: monograph. / V.K. Dridigera, A.N. Yesaulko, G.R. Dorozhko. – Stavropol: Stavropol publishing house "Paragraph", 2013. – 148 p.
7. Egorova, N.S. Cultivation of oilseed flax in the Tula region/ N.S. Egorova, D.V. Vinogradov // AgroEcoInfo. – 2016. – № 4 (26). [Electronic resource: <http://agroecoinfo.narod.ru/journal/index.html>]
8. Zakharova, L.M. New post-emergence herbicides on flax / L.M. Zakharova // Protection and quarantine plants. – 2013. – No. 4. – Pp. 31-34.
9. Kazarina, A.V. Studying the world collection of oilseed flax as a source material for breeding in the conditions of the forest-steppe of the Middle Volga region / A.V. Kazarina, V.F. Kazarin, L.A. Kosykh, E.A. Atakova // Successes of modern natural science. – 2018. – No. 1. – Pp. 18-22.
10. Kolotov, A.P. Expansion of the area of oilseed flax cultivation in the Ural Federal District / A.P. Kolotov // Scientific and Technical bulletin. All-Russian Research Institute of Oilseed Crops. – 2012. – Issue 1 (150). – Pp. 96-99.
11. Kukoleva, S.S. Creation of an ideotype of an oilseed flax variety. S.S. Kukoleva, M.A. Meshcheryakov, E.V. Podgornov, M.G. Suchkova, V.V. Svetlov // Theoretical and applied problems of agriculture. – 2025. – No. 3 (65). – Pp. 39-43.
12. Lukomets, V.M. Integrated approach to the protection of oilseed flax crops from harmful organisms / V.M. Lukomets, V.T. Piven, N.M. Tishkov // Plant protection and quarantine. – 2010. – No.5. – Pp. 52-56.
13. Lukomets, V.M. Methodology of agrotechnical research in experiments with basic field crops / V.M. Lukomets, N.M. Tishkov, S.A. Semerenko. – Krasnodar: Prosveshchenie-Yug, 2022. – 538 p.
14. Maslinskaya, M.E. The results of studying the collection of flax variety samples in RUE "Flax Institute" / M.E. Maslinskaya, E.L. Andronik, E.V. Ivanova // Agriculture and breeding in Belarus. – 2021. – No. 57. – Pp. 463-469.
15. International COMECON classifier of the species *Linum usitatissimum* L. – L.: VIR, 1989. – 37 p.
16. Methods of state variety testing of agricultural crops Issue three. Oilseeds, essential oils, medicinal and technical crops, mulberry, silkworm. – Moscow: FSBI "Gosortkommission", 1983. – 184 p.
17. Methods of state variety testing of agricultural crops. The first issue. The general part. – Moscow: FSBI "Gosortkommission", 2019. – 329 p.
18. Methodology of the state variety testing of agricultural crops. – Moscow: Kolos, 1989. – 194 p.
19. Methods of conducting tests for distinctness, uniformity and stability. Oilseed flax, long-lived flax (*Linum usitatissimum* L.). – Moscow: FSBI Gosortkommission, 1995. – 4 p.
20. Minkevich, I.A. Oilseed flax / I.A. Minkevich. – Moscow: Selkhozgiz, 1957. – 179 p.
21. Popelyaeva, N.N. Growth and development of medium-ripened oilseed flax varieties in the Low mountains of Altai / N.N. Popelyaeva, A.A. Argokov // Scientific Bulletin of the Gorno-Altai State University. – 2024. – No. 18. – Pp. 101-110.
22. Porokhovinova, E.A. Creation and study of the genetic collection of flax: *Linum Usitatissimum* L.: dis. kand. Biology: 03.00.15 / E.A. Porokhovinova. – St. Petersburg: All-Russian Scientific Research. N. I. Vavilov Institute of Plant Breeding, RAS, 2002. – 210 p.
23. Porkhuntsova O.A. The use of histological features of stems in the breeding of oilseed flax / O.A. Porkhuntsova, V.N. Tomasheva // Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy. – 2020. – No. 3. – Pp. 154-158.
24. Porkhuntsova, O.A. Seed productivity as a factor determining the yield potential of oilseed flax seeds / O.A. Porkhuntsova, V.N. Zatshepina // Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy. – 2023. – No. 2. – Pp. 64-68.
25. Porkhuntsova, O.A. Screening of the starting material in breeding for the quality of oilseed flax seeds O.A. Porkhuntsova, S.V. Egorov // Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy, 2020. – No. 3. – Pp. 88-93.
26. Sedlovsky, A.I. Genetic and statistical approaches to the theory of breeding of self-pollinating crops / A.I. Sedlovsky, S.P. Martynov, L.K. Mamonov. – Alma Ata: Nauka Publ., 1982. – 198 p. (section "Distribution parameters")

27. Fedotov, V.A. Economics / V.A. Fedotov, O.V. Komarova. – Moscow: INFRA-M, 2024. – 196 p.
28. Fesko, D.Yu. The effect of stem density on the phytosanitary condition of crops and the productivity of oilseed flax / D.Y. Fesko // Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy. – 2017. – No. 3. – Pp. 42-45.

S.S. Kukoleva, O.P. Kibalnik, E.V. Vasileva, V.S. Budrina, M.G. Suchkova

Russian Research Design and Technology Institute for Sorghum and Corn «Rossorgo»
lily74-88@mail.ru

PRODUCTIVITY AND ECONOMIC EFFICIENCY OF GROWING A NEW PROMISING VARIETY OF OIL-PRODUCING LENTIL IN THE DRY CONDITIONS OF THE SARATOV REGION

The article presents the results of evaluating oilseed flax samples based on a set of breeding-valuable traits and the bioenergy efficiency of cultivating the crop in the conditions of the Saratov Region. The experiment involves conducting phenological observations, identifying the dates of plant development phases, and determining the duration of their development periods. All forms of oilseed flax belong to the group of mid-season varieties based on the duration of the period from germination to maturity. The period from sowing to germination varied from 8 to 11 days. Phenological observations showed that the period from germination to the «Christmas tree» phase was 14–19 days; the interphase period from germination to budding varied from 25 to 35 days; the average duration of the period from germination to flowering varied from 29 to 35 days. The height of the plants varied from 44,86 cm to 67,3 cm. The range of variation in the height of the lower branches of oilseed flax was from 30,5 to 43,2 cm. The Flakson variety was noted for its high yield (10.4 centners per hectare), which was 3,2–2,3 centners per hectare higher than the standard varieties. The calculation of the economic efficiency of growing these samples of oilseed flax indicates the feasibility of using the new Flakson variety of oilseed flax in agricultural production, which is characterized by higher productivity. Cultivation of the Flakson variety with the specified breeding characteristics contributes to an increase in the gross seed yield and is characterized by a higher profitability of production in the arid conditions of the Saratov region compared to the zoned standards of the Itil and Rashel varieties: the profitability level was 72,1 and 67,6–68,6%, respectively. According to the conducted research, the promising oilseed flax variety Flakson has been identified, and documents have been submitted to the Federal State Budgetary Institution «Gossortkomissiya» for state variety testing.

Key words: oilseed flax, breeding, vegetation period, morphometric indicators, and economic efficiency.

Биологическая урожайность нута в зависимости от приемов основной обработки почвы

УДК 633.31/.37

DOI: 10.32935/2221-7312-2026-69-3-15-18

Н. В. Тютюма¹ (д.с.-х.н.), И. В. Куцев²¹Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН,²Астраханский государственный университет им. В.Н. Татищева,
pniiiaz@mail.ru

Зернобобовые культуры играют ключевую роль в мировом земледелии, обеспечивая биологическую фиксацию азота и оптимизируя плодородие и структуру почвы. В севообороте они выступают ценными предшественниками, а в животноводстве и пищевой индустрии — источником высокобелкового сырья. Высокой рентабельностью и диетической ценностью среди них выделяется нут. Его зерно богато растительным протеином, клетчаткой, витаминами группы В и эссенциальными микроэлементами (Mg, P, Fe). Нут — это не только ценный урожай, но и инструмент для поддержания плодородия почвы в засушливых условиях, обеспечивающий устойчивый доход хозяйствам. Поэтому разработка улучшенной технологии возделывания нута и подбор сортов в аридных условиях Северного Прикаспия является актуальной проблемой. Целью исследований было обоснование эффективных приемов основной обработки почвы и подбор адаптивных сортов нута для получения высокой урожайности. В задачи исследований входило изучение влияния приемов основной обработки почвы на структуру урожая и продуктивность сортов нута. Поставленные задачи решались путем постановки в 2023–2025 гг. полевого опыта. Исследования проводили, руководствуясь общепринятыми в растениеводстве методиками. Обработка урожайных данных проводилась по методике Б.А. Доспехова (1985 г), при помощи компьютерных программ. Объектами исследования являлись сорта нута Волгоградский 10, Волжанин 50 и Вектор. Проведенные трехлетние исследования показывают, что ресурсосберегающие приемы основной обработки почвы существенно превосходят стандартную отвальную вспашку ПЛН 4-35 по влиянию на урожайность нута. Максимальная урожайность зерна нута в условиях светло-каштановых почв Астраханской области (2,22 т/га) обеспечивается при сочетании посева сорта Волжанин 50 и использования в качестве приема основной обработки почвы чизелевания рабочим органом «РАНЧО» на 0,35–0,38 м с оборотом пласта на 0,14–0,15 м. Применение данной технологической схемы позволяет повысить сбор зерна на 46% относительно отвальной вспашки на глубину 0,22–0,25 м.

Ключевые слова: нут, сорта, прием основной обработки почвы, рыхление, чизелевание, урожайность.

Введение

Зернобобовые культуры играют ключевую роль в мировом земледелии, обеспечивая биологическую фиксацию азота и оптимизируя плодородие и структуру почвы. В севообороте они выступают ценными предшественниками, а в животноводстве и пищевой индустрии — источником высокобелкового сырья [1, 6, 9].

Высокой рентабельностью и диетической ценностью среди них выделяется нут [3, 8, 11]. Его зерно богато растительным протеином, клетчаткой, витаминами группы В и эссенциальными микроэлементами (Mg, P, Fe) [4, 5]. За счет низкого гликемического индекса продукты из нута способствуют детоксикации, нормализации уровня холестерина и стабилизации сахара в крови [8].

Обладая высокой ксерофитностью и морозостойкостью (до –10 °С), нут формирует стабильный урожай в экстремальных условиях, превосходя по засухоустойчивости другие бобовые культуры [5, 10]. В условиях глобального потепления это делает его перспективным объектом для влагодефицитных регионов [2, 10]. Разработка элементов сортовой агротехники нута в засушливых условиях Северного Прикаспия является актуальной научной задачей.

Цель исследований — обосновать эффективные приемы основной обработки почвы и подобрать адаптивные сорта нута для получения высокой урожайности.

Задачи исследований:

- изучить влияние способов обработки почвы на элементы структуры урожая культуры;
- оценить продуктивность изучаемых сортов нута в зависимости от вариантов агрофона.

Материал и методы исследования

Поставленные задачи решались путем постановки в 2023–2025 гг. двухфакторного полевого опыта на опытном поле Прикаспийского аграрного федерального научного центра РАН.

В двухфакторном полевом опыте изучались различные приемы основной обработки почвы. Повторность опыта — четырехкратная. Общая площадь под опытом — 7200 м². Под каждым вариантом опыта занято 800 м².

Фактор А — сорта нута Волгоградский 10, Волжанин 50, Вектор.

Фактор В — приемы основной обработки почвы: отвальная вспашка плугом ПЛН 4-35 на глубину 0,22–0,25 м (контроль); рыхление рабочим органом «РОПА» на глубину 0,35–0,37 м; чизелевание рабочим

органом «РАНЧО» на 0,35–0,38 м с оборотом пласта на 0,14–0,15 м.

Почвы светло-каштановые среднесуглинистые слабосолонцеватые. Содержание гумуса в верхнем слое почвы (0–0,25 м) составляет 0,9–1,1%. Обеспеченность подвижными формами азота – низкая, фосфора и калия средняя и повышенная. Сложившиеся климатические условия в годы проведения исследований отличались по количеству осадков и ГТК. Максимальное количество осадков за вегетационный период нута было отмечено в 2023 году и составило 133,3 мм, что на 35,5 мм больше среднегодовое значение. В 2024 и 2025 гг. количество осадков за вегетацию нута было ниже среднегодовое значение и составило 76,9 и 79,4 мм, соответственно. ГТК в 2024 и 2025 гг. было ниже среднегодовое значение на 0,3 и 0,2, соответственно. В 2023 г. ГТК периода апрель–июль составило 0,7, что 0,1 выше среднегодовое значение.

Исследования проводили, руководствуясь общепринятыми в растениеводстве методиками. Обработка урожайных данных проводилась по методике Б.А. Доспехова (1985 г), при помощи компьютерных программ [7].

Агротехника в опыте по выращиванию нута проводилась согласно зональным рекомендациям.

Результаты исследования и их обсуждение

Анализ элементов продуктивности и урожайности изучаемых сортов нута в зависимости от приемов основной обработки почвы за 2023–2025 гг. выявил выраженную отзывчивость культуры на применение различных приемов обработки почвы (см. таблицу).

Установлено, что минимальные показатели по всем элементам структуры урожая и итоговой продуктивности у всех сортов зафиксированы на варианте со стандартной вспашкой отвальным плугом ПЛН 4-35 на глубину 0,22–0,25 м. Использование ресурсосберегающих приемов обработки почвы (рыхление рабочим органом «РОПА» на глубину 0,35–0,37 м; чизелевание рабочим органом «РАНЧО» на 0,35–0,38 м с оборотом пласта на 0,14–0,15 м) способствовало последователь-

ному улучшению биометрических признаков. Так, число растений к уборке увеличилось на 5,7–11,8%, число зерен на одном растении — на 2,9–15,7%, а масса 1000 зерен возросла на 1,3–4,9 % относительно классического приема основной обработки почвы — отвальной вспашки.

Максимальные параметры структуры урожайности обеспечены при использовании чизелевания рабочим органом «РАНЧО» на 0,35–0,38 м с оборотом пласта на 0,14–0,15 м. На данном фоне число зерен на одном растении варьировало от 14,6 шт. (у сорта Волгоградский 10) до 16,2 шт. (у сорта Волжанин 50), а масса зерна с одного растения достигала 3,61–5,34 г. При этом наиболее крупносемянным проявил себя сорт Волжанин 50, масса 1000 зерен у которого на этом варианте опыта составила 330,5 г, что существенно выше показателей сортов Вектор (302,8 г) и Волгоградский 10 (247,6 г).

Межсортный анализ показал, что сорт Волжанин 50 обладает наибольшим генетическим потенциалом продуктивности. Во всех вариантах обработки почвы он превосходил другие изучаемые сорта.

Итоговые данные урожайности закономерно отражают изменения элементов продуктивности. Наименьшая урожайность получена у сорта Волгоградский 10 на варианте с отвальной вспашкой ПЛН 4-35 на глубину 0,22–0,25 м (1,13 т/га). Применение рыхления рабочим органом «РОПА» на глубину 0,35–0,37 м повысило сбор зерна сортов Волгоградский 10, Волжанин 50 и Вектор до 1,25; 2,14 и 2,0 т/га соответственно. Максимальная урожайность в опыте сформировалась на варианте опыта с чизелеванием рабочим органом «РАНЧО» на 0,35–0,38 м с оборотом пласта на 0,14–0,15 м у сорта Волжанин 50 и составила 2,22 т/га, что превышает контроль (отвальная вспашка ПЛН 4-35 на глубину 0,22–0,25 м) на 0,7 т/га, или на 46%.

Выводы

Проведенные трехлетние исследования позволяют сделать следующие выводы.

Ресурсосберегающие приемы основной обработки почвы рыхление рабочим органом «РОПА» на глубину 0,35–0,37 м; чизелевание рабочим органом «РАНЧО»

Элементы продуктивности и урожайность нута по вариантам опыта, среднее за 2023–2025 гг.						
Сорт	Прием основной обработки почвы	Число растений в уборку, шт/м ²	Число зерен на одном растении, шт	Масса зерна с одного растения, г	Масса 1000 зерен, г	Урожайность, т/га
Волгоградский 10	ПЛН 4-35	34,7	13,6	3,26	240,2	1,13
	«РОПА»	36,7	14,0	3,42	243,4	1,25
	«РАНЧО»	38,8	14,6	3,61	247,6	1,31
Волжанин 50	ПЛН 4-35	36,9	14,0	4,46	318,3	1,52
	«РОПА»	38,3	15,3	4,96	325,2	2,14
	«РАНЧО»	39,5	16,2	5,34	330,5	2,22
Вектор	ПЛН 4-35	36,3	13,9	4,00	288,5	1,39
	«РОПА»	38,0	14,9	4,41	296,8	2,00
	«РАНЧО»	38,9	15,5	4,70	302,8	2,16

на 0,35–0,38 м с оборотом пласта на 0,14–0,15 м) существенно превосходят стандартную отвальную вспашку ПЛН 4-35 по влиянию на густоту стояния нута к уборке и озерненность растений.

Максимальные показатели биометрии (масса зерна с растения до 3,61–5,34 г) достигнуты при использовании чизелевания рабочим органом «РАНЧО» на 0,35–0,38 м с оборотом пласта на 0,14–0,15 м. Сравнительный анализ сортов показал преимущество крупносемянного сорта Волжанин 50, масса 1000 зерен у которого достигала 318,3–330,5 г, в то время как у

сортов Вектор и Волгоградский 10 этот параметр не превышал 302,8 г и 247,6 г соответственно.

Максимальная урожайность зерна нута в условиях светло-каштановых почв Астраханской области (2,22 т/га) обеспечивается при сочетании посева сорта Волжанин 50 и использования в качестве приема основной обработки почвы чизелевание рабочим органом «РАНЧО» на 0,35–0,38 м с оборотом пласта на 0,14–0,15 м. Применение данной технологической схемы позволяет повысить сбор зерна на 46% относительно отвальной вспашки на глубину 0,22–0,25 м.

Литература

1. Балашов, В.В. Перспективы возделывания нута в России / В.В. Балашов, А.В. Балашов // мат-лы междунауд. науч.-практич. конф., посвящённой 70-летию образования ВолГАУ «Научные основы стратегии развития АПК и сельских территорий в условиях ВТО». – Волгоград, 2014. – С. 52-56.
2. Балашов, В.В. Особенности роста и развития сортов нута Волгоградской селекции на каштановых почвах Волгоградской области / В.В. Балашов, А.В. Балашов, А.А. Малахова, В.А. Балашов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2021. – №1(61). – С. 36-45.
3. Булынтцев, С.В. Нут как перспективная кормовая культура для возделывания в условиях Центрально-Черноземного региона РФ / С.В. Булынтцев, Г.А. Гриднев, Е.А. Сергеев // В сборнике: Многофункциональное адаптивное кормопроизводство. Средаобразующие функции кормовых растений и экосистем, Всероссийский научно-исследовательский институт кормов им. В.Р. Вильямса. Москва, 2014. – С. 55-59.
4. Водяников, В.И. Нут и его использование в кормопроизводстве и мясоперерабатывающей промышленности / В.И. Водяников, В.В. Шкаленко, А.А. Мартынов // Свиноводство. – 2020. – №6. – С. 39-42.
5. Германцева, Н.И. Нут – культура больших возможностей / Н.И. Германцева // Теоретические и прикладные аспекты современной науки. – 2014. – №4-1. – С. 50-53.
6. Давыдов, А.Ю. Нут как средство повышения почвенного плодородия / А.Ю. Давыдов, С.С. Авдеев // В сборнике Международной научно-практической конференции Модели инновационных решений повышения конкурентоспособности отечественной науки. – 2020. – С. 141-144.
7. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследования. – М.: Агропромиздат, 1985. – 354 с.
8. Дубовик, О.Л. Нут – новый источник растительного белка в нашем рационе питания / О.Л. Дубовик, В.А. Дубовик, Г.В. Песцов // Картофель и овощи. – 2012. – №8. – С. 26.
9. Зотиков, В. И. Зернобобовые культуры – важный фактор устойчивого экологически ориентированного сельского хозяйства / В. И. Зотиков, Т. С. Наумкина, Н. В. Гряданова, В. С. Сидоренко, В. В. Наумкин // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2016. – № 1 (17). – С. 6-13.
10. Maqbool, M. A. Breeding for improved drought tolerance in Chickpea (*Cicer arietinum* L.) / M. A. Maqbool, M. Aslam, N. Ali // Plant Breeding. 2017. V. 136. P. 300-318.
11. Wadhwa, Z. Isolation and Characterisation of *Rizobium* from Chickpea (*Cicer arietinum*) / Zeenat Wadhwa, Vivek Srivastava, Raj Rani, Tanvi, Kanchan Makkar and Sumit Jangra // International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. – 2017. – V. 6. No 11. – Pp. 2880-2893.

References

1. Balashov, V.V. Perspektivy` vozdel`vaniya nuta v Rossii / V.V. Balashov, A.V. Balashov // mat-ly` mezhdunarod.nauch.-praktich. konf., posvyashhyonnoj 70-letiyu obrazovaniya VolGAU «Nauchny`e osnovy` strategii razvitiya APK i sel'skikh territorij v usloviyax VTO». – Volgograd, 2014. – S. 52-56.
2. Balashov, V.V. Features of the growth and development of chickpea varieties of Volgograd breeding on chestnut soils of the Volgograd Region / V.V. Balashov, A.V. Balashov, A.A. Malakhova, V.A. Balashov // Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. – 2021. – No. 1(61). – Pp. 36-45.
3. Bulyntsev, S.V. Chickpea as a promising forage crop for cultivation in the Central Black Earth Region of the Russian Federation / S.V. Bulyntsev, G.A. Gridnev, E.A. Sergeev // In the collection: Multifunctional adaptive forage production. Environment-forming functions of forage plants and ecosystems. Russian Academy of Agricultural Sciences, All-Russian Research Institute of Feed named after V. R. Williams. Moscow, 2014. Pp. 55-59.
4. Vodyannikov, V.I. Chickpea and its use in feed production and the meat processing industry / V.I. Vodyannikov, V.V. Shkalenko, A.A. Martynov // Pig Farming. – 2020. – No. 6. – Pp. 39-42.

5. Germanova, N.I. Chickpea — a crop with great potential / N.I. Germanova // Theoretical and applied aspects of modern science. – 2014. – No.4-1. – Pp. 50–53.
6. Davydov, A.Yu. Chickpea as a means of improving soil fertility / A.Yu. Davydov, S.S. Avdeenko // In the collection of the International Scientific and Practical Conference “Models of Innovative Solutions to Enhance the Competitiveness of Domestic Science.” – 2020. – Pp. 141–144.
7. Dospekhov, B.A. Methodology of Field Experiments with the Fundamentals of Statistical Processing of Research Results. – Moscow: Agropromizdat, 1985. – 554 p.
8. Dubovik, O.L. Nuts – a New Source of Plant Protein in Our Diet / O.L. Dubovik, V.A. Dubovik, G.V. Pestsov // Potatoes and Vegetables. 2012. No. 8. P. 26.
9. Zotikov, V. I. Leguminous crops — an important factor in sustainable, ecologically oriented agriculture / V. I. Zotikov, T. S. Naumkina, N. V. Gryadunova, V. S. Sidorenko, V. V. Naumkin // Leguminous and cereal crops. – 2016. – No. 1 (17). – Pp. 6–13.
10. Maqbool, M. A. Breeding for improved drought tolerance in chickpea (*Cicer arietinum* L.) / M. A. Maqbool, M. Aslam, N. Ali // Plant Breeding. 2017. Vol. 136. Pp. 300–318.
11. Wadhwa, Z. Isolation and Characterisation of *Rizobium* from Chickpea (*Cicer arietinum*) / Zeenat Wadhwa, Vivek Srivastava, Raj Rani, Tanvi, Kanchan Makkar and Sumit Jangra // International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. – 2017. – V. 6. No 11. – Pp. 2880-2893.

N. V. Tyutyuma¹, I. V. Kushchev²

¹Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences,

² Astrakhan State University named after V.N. Tatishchev

lily74-88@mail.ru

BIOLOGICAL YIELD OF CHICKPEAS DEPENDING ON THE METHODS OF PRIMARY SOIL CULTIVATION

Leguminous crops play a key role in global agriculture, providing biological nitrogen fixation and optimizing soil fertility and structure. In crop rotation, they serve as valuable predecessor crops, and in animal husbandry and the food industry, they are a source of high-protein raw materials. Among them, chickpeas stand out due to their high profitability and dietary value. Their grain is rich in plant protein, fiber, B-group vitamins, and essential microelements (Mg, P, Fe). Chickpea is not only a valuable crop but also a tool for maintaining soil fertility in arid conditions, ensuring a stable income for farms. Therefore, developing an improved chickpea cultivation technology and selecting varieties for the arid conditions of the Northern Caspian region is an urgent problem. The aim of the research was to substantiate effective methods of primary soil tillage and to select adaptive chickpea varieties to achieve high yields. The research objectives included studying the effect of primary soil tillage methods on the crop structure and productivity of chickpea varieties. The set tasks were addressed by conducting field experiments in 2023...2025. The research was carried out in accordance with generally accepted methods in crop production. The yield data were processed using B. A. Dospekhov's method (1985) and computer programs. The study focused on the chickpea varieties Volgogradsky 10, Volzhanin 50, and Vector. The three-year studies conducted show that resource-saving methods of primary soil cultivation significantly outperform the standard moldboard plowing with PLN 4–35 in terms of their impact on chickpea yield. The maximum yield of chickpea grain under light chestnut soils in the Astrakhan region (2.22 t/ha) is achieved by combining the sowing of the Volzhanin 50 variety with the use of chiseling as the main soil tillage method, using the “RANCHO” working tool at a depth of 0.35–0.38 m, with the soil layer being turned over to a depth of 0.14–0.15 m. The use of this technological scheme makes it possible to increase grain yield by 46.0 % compared to moldboard plowing at a depth of 0.22–0.25 m.

Key words: chickpea, varieties, main tillage method, loosening, chiseling, yield

Химический состав сортов лука репчатого (*Allium cepa* L.)

УДК 635.25:631.559:631.526.3

DOI: 10.32935/2221-7312-2026-69-3-19-24

М. И. Черкашина¹, Р. Р. Алимгафаров² (к.с.–х.н.),
Р. Р. Абдулвалеев² (д.с.–х.н.), **А. Г. Черкашина¹** (д.с.–х.н.)

¹Арктический государственный агротехнологический университет,²Башкирский государственный аграрный университет,

703210@internet.ru

Лук репчатый — одна из важнейших овощных культур, широко возделываемых во всём мире. Изучение его химического состава приобретает особую актуальность в связи с необходимостью оптимизации технологий возделывания для получения продукции с высокими питательными и лечебными свойствами. Целью исследований являлось изучение влияния различных норм высева семян на химический состав луковиц сортов лука репчатого Стригуновский местный, Иглинский 2 и Ред Барон. Трёхлетние полевые и лабораторные исследования проводились в 2021–2023 гг. на выщелоченном чернозёме в условиях Южной лесостепи Республики Башкортостан на базе Башкирского государственного аграрного университета. Изучали четыре нормы высева семян: 0,9; 1,0; 1,1; 1,2 млн. шт./га. В луковицах определяли содержание сухого вещества, общего азота, фосфора и калия. Установлено, что с увеличением нормы высева с 0,9 до 1,2 млн. шт./га наблюдалось закономерное и математически достоверное снижение всех исследуемых показателей для всех изученных сортов. Максимальное накопление сухого вещества (15,6%), азота (1,52%), фосфора (0,58%) и калия (1,92%) отмечено у сорта Иглинский 2 при минимальной норме высева 0,9 млн. шт./га. Наименьшие значения всех показателей зафиксированы при максимальной норме высева 1,2 млн шт./га. Сорт Иглинский 2 характеризуется наибольшим накоплением всех изученных элементов питания. Полученные результаты могут быть использованы для оптимизации технологии выращивания лука репчатого в лесостепной зоне.

Ключевые слова: лук репчатый, *Allium cepa* L., сорт, норма высева, химический состав, сухое вещество, азот, фосфор, калий, выщелоченный чернозем.

Введение

Репчатый лук — одна из древнейших культур, широко распространённых почти на всех материках земного шара. Упоминания о нем встречаются более чем за 4000 лет до новой эры. Площадь, занимаемая в мире под луком, оценивается в 4,5 млн га, производство — 92,1 млн т, средняя урожайность — 19,3 т/га. Индия, Китай, США, Египет и Турция являются крупнейшими странами - производителями [1–3].

Первые сведения о выращивании лука в Древней Руси относятся к XII–XIII вв. В письменных источниках рассказывается о возделывании лука в старинных очагах культуры — Ярославле, Суздале, Рязани, Киеве, Москве [4, 5].

В России действительно значительная часть посевных площадей достигает порядка 38% от всех площадей, занятых овощными культурами. Ведущее место в производстве лука в Российской Федерации (46%) занимает Астраханская область — около 39,6% промышленных сборов. Южный, Приволжский и Центральный федеральные округа дают порядка 83,5% посевных площадей и 80,1% валовых сборов лука по стране [4].

Черноземная зона — основной поставщик острых сортов репчатого лука. Здесь культивируют много сортов народной селекции, которые носят названия

районов и сел, являющихся «гнездами» их производства. В Черноземной зоне производят также севок для выращивания лука в северных и восточных районах страны, получают выборки для выгонки зеленого лука зимой в тепличных комбинатах [5–7].

У лука употребляют в пищу зеленые листья, молодую стрелку и луковицу. Большое разнообразие сортов и способов выращивания позволяет поставлять свежий лук в течение круглого года. Лук незаменим в качестве приправы для мясных, рыбных и овощных блюд. Он возбуждает аппетит, способствует пищеварению и усвоению пищи, имеет большое лечебное значение. Содержащиеся в его семенах жирные масла (20,7–24,9% на сухую массу) применяют в парфюмерии и медицине [8, 9].

Химический состав лука непостоянен, он зависит от сорта, величины луковицы и района выращивания. Наибольшие различия наблюдаются в количестве сухих веществ, сахаров и эфирных масел, которые определяют остроту вкуса лука [10].

Химический состав луковиц существенно различается по группам спелости и вкуса. Содержание сухого вещества у сладких и острых сортов колеблется от 9–11 до 16–22% (на сырую массу), сахароза — от 6–8 до 11%, эфирное масло — от 10–20 до 26–130 мг на 100 г сырого вещества. В зрелом луке содержится зна-

чительное количество минеральных веществ: 170–190 мг серы, 0,15–0,40% азота, 150–175 мг калия, 50–120 мг фосфора на 100 г сырого вещества [11, 12].

По данным спектрального анализа, выполненного в Институте геологии Российской Федерации, в золе лука обнаружено 18 элементов. Содержание алюминия, меди, силиция и цинка превышает 1%. Марганец, свинец и титан присутствуют в десятых долях процента, ванадий, никель, хром и цирконий – в тысячных долях процента. При пересчёте на сырую массу с учётом средней зольности лука (около 1%) концентрации тяжёлых металлов соответствуют фоновым уровням и не превышают типичных значений для овощной продукции [1, 3].

В луковицах имеется до 520 мг на 100 г сырого вещества важнейших для организма аминокислот (аргинин, валин, гистидин). Кроме витамина С, в луковице обнаружены (мг на 100 г сырого вещества): РР (никотиновая кислота) — 0,2–0,6; В₁ (тиамин) — 0,05–0,12; В₂ (рибофлавин) — 0,02–0,07; пантотеновая кислота — до 0,08 и провитамин А (каротин), а также незначительное количество лимонной и яблочной кислот. Количество витамина С в зеленом луке достигает 35–90 мг на 100 г сырого вещества, в репчатом — 4–10 мг [5, 6].

В сушеном луке сохраняются многие полезные качества. Для сушки используют сорта с большим содержанием сухих веществ, сладкие сорта для этого непригодны [7].

Энергетическая ценность луковицы невысокая – она составляет 43 ккал, или 180 кДж (третье место после свеклы и петрушки), у зеленого лука она ниже в два раза. Благодаря высокой фитонцидной активности лук используют как биологическое средство защиты других растений: настой из луковой чешуи уничтожает тлю и клеща; опрыснутая им морковь лучше хранится [9, 10].

Изменчивость содержания элементов минерального питания на полях со сложным рельефом необходимо учитывать при размещении и разработке технологии возделывания полевых культур [11].

Цель исследований — изучить влияние различных норм высева севка (0,9; 1,0; 1,1; 1,2 млн шт./га) на химический состав (содержание сухого вещества, азота, фосфора и калия) луковиц сортов лука репчатого Стригуновский местный, Иглинский 2 и Ред Барон в условиях Южной лесостепи Республики Башкортостан

и выявить оптимальную норму высева для получения продукции с наилучшими показателями качества.

Материал и методы исследования

Полевые опыты проводили в течение трёх лет (2021–2023 гг.) на полях кафедры растениеводства, селекции растений и биотехнологии учебно-научного центра ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет», лабораторные исследования проводили в лаборатории биохимического анализа и биотехнологии НОЦ ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ.

Почва опытного участка — чернозем выщелоченный, валовый азот по методу Кьельдаля содержится — 0,33%, валовый фосфор — 0,12%, подвижный фосфор по Чирикову — 100 мг/кг. Содержание валового калия в среднем составляет 1,3%, подвижного калия по Чирикову на пламенном фотометре — 330 мг/кг почвы. Мощность гумусового горизонта на пахотных угодьях достигает 45–50 см, что соответствует хорошей степени обеспеченности этим элементом почв. Объектами исследования в период проведения опытов были сорта лука репчатого Стригуновский местный, Иглинский 2 и Ред барон.

Опыт закладывали в трехкратной повторности на делянке площадью 4 м². Посадка лука севка была произведена в I декаде мая, при двух схемах посадки: рядовая с шириной междурядья 45 см и ленточная - 40+40+60 см, междурядья 2, 4, 6 и 8 см в ленте. Последняя схема удобна для применения машин при возделывании лука репчатого. Закладку полевого опыта, сопутствующие наблюдения проводили по общепринятым методикам. Результаты экспериментов были обработаны с использованием методики полевого опыта Б.А. Доспехова (1985) и методики полевого опыта в овощеводстве С.С. Литвинова (2012).

Погодно-климатические условия в период проведения исследований в 2021–2023 гг. несколько различались (табл. 1). Как видно из приведенных данных, вегетационный период 2021 года характеризовался достаточной влажностью для роста и развития лука репчатого. Количество осадков (9 мм) в мае и большое количество осадков в июне (20 мм) обусловили влажность почвы и создали благоприятные условия для всходов и нарастание листьев. Недостаток влаги в июле и последующее повышение температуры (20,7°C), обусловили преждевременное усыхание растений и ран-

Табл. 1. Климатические условия по данным Уфа-Дема за период вегетации лука репчатого

Месяц	Среднесуточная температура воздуха по годам, °C				Сумма осадков по годам, мм			
	2021 г.	2022 г.	2023 г.	Среднее за 2021–2023 гг.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	Среднее за 2021–2023 гг.
V	18,5	10,9	15,8	13,7	9	69	32	51
VI	20,7	16,6	16,5	17,9	20	123	18	63
VII	20,7	25,0	21,7	19,8	20	54,6	34	51
VIII	24,4	23,0	18,2	17,6	0,6	54,9	18	54

нее формирование луковиц. В течение вегетационного периода 2022 года сложились благоприятные условия для роста и развития лука репчатого. Достаточное количество осадков (69 мм) в мае и большое количество осадков в июне (123 мм) обусловили влажность почвы и благоприятные условия для всходов, и нарастание листьев. Недостаток влаги в июле (54,6 мм) и последующее повышение температуры до 25°C, обусловили преждевременное усыхание растений и раннее формирование луковиц. Лето 2023 года было засушливым. Осадков за период май-июнь выпало лишь 50 мм при норме 114 мм. В июле в южной лесостепи прошли ливневые дожди. В результате нарастание листьев у лука репчатого прекратилось в конце июля и к августу произошло полное усыхание их во всех вариантах.

Массовое полегание листьев в период исследований отмечено в среднем в III декаде июля — I декаде августа, когда луковицы уже сформировались, и наружные чешуи частично приобрели свойства для сорта окраску. В этот период приступали к ручной уборке, после уборки просушивали урожай в открытой местности, и после просушивания закладывали на хранение.

Результаты исследования и их обсуждение

Анализ проведенных исследований на химический состав различных сортов лука репчатого (Стригуновский местный, Иглинский 2 и Ред Барон) при разных уровнях нормы высева (0,9 млн. шт./га, 1 млн. шт./га, 1,1 млн. шт./га, 1,2 млн. шт./га) основными показателями служили содержание сухого вещества, азот, фосфор и калий, представлен на рис. 1–3 и в табл. 2.

Изучение химического состава луковицы сорта Стригуновский местный (St), показало, что при увеличении нормы высева уменьшается накопление азота от 1,2 млн. шт./га (1,36%) до 0,9 млн. шт./га (1,46); фосфора от 1,2 млн. шт./га (0,46%) до 0,9 млн. шт./га (0,53) и калия 1,2 млн. шт./га (1,77%) до 0,9 млн. шт./га (1,89%), соответственно.

При сравнении норм высева 0,9 млн. шт./га и 1,1 млн. шт./га с нормой высева 1 млн. шт./га (Контроль) разница в накоплении азота была минимальная в 0,03%. Сравнение нормы высева 1,2 млн. шт./га и 1 млн. шт./га (Контроль) и показал разницу в 0,07%.

Максимальное повышение азота отмечено норме высева 1,2 млн. шт./га на 0,07% по сравнению с 1 млн. шт./га (Контроль).

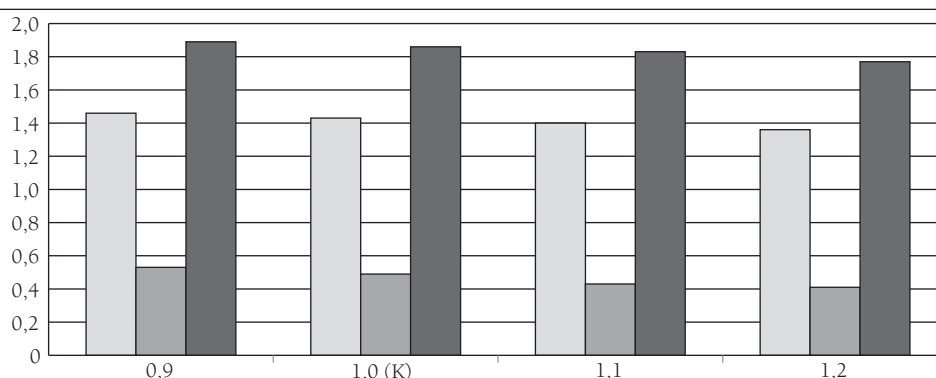


Рис. 1. Содержание азота (□), фосфора (■) и калия (■) в сорте лука репчатого Стригуновский местный (УНЦ БГАУ, в среднем за 2021-2023 гг., %)

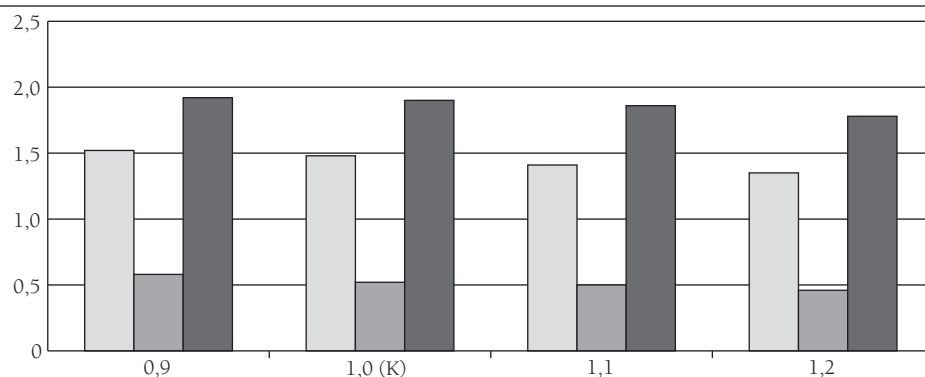


Рис. 2. Содержание азота (□), фосфора (■) и калия (■) в сорте лука репчатого Иглинский 2 (УНЦ БГАУ, в среднем за 2021-2023 гг., %)

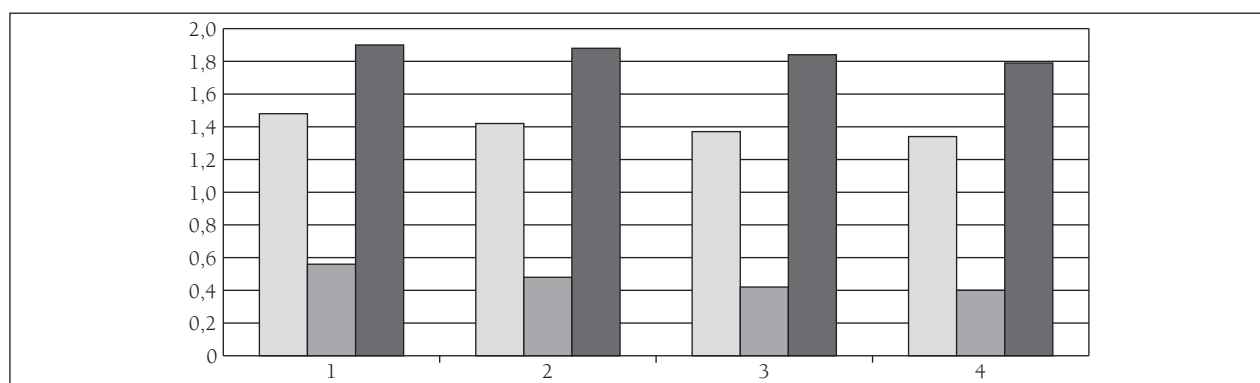


Рис. 2. Содержание азота (□), фосфора (■) и калия (■) в сорте лука репчатого Ред Барон (УНЦ БГАУ, в среднем за 2021-2023 гг., %)

При сравнении 0,9 млн. шт./га и 1 млн. шт./га разница составила в 0,04%. Содержание фосфора варианте 1,1 млн. шт./га возросло на 0,06% при сравнении 1 млн. шт./га (Контроль). При норме высева 1,2 млн. шт./га накопление фосфора возросло на 0,08% по сравнению с нормой высева 0,9 млн. шт./га (Контроль).

Максимальное повышение фосфора отмечено норме высева 1,0 млн. шт./га (Контроль) - 0,49%.

Содержание калия в норме высева 0,9 млн. шт./га было на 0,03% больше чем в 1 млн. шт./га (Контроль). В норме высева 1,1 млн. шт./га накопление калия больше по сравнению с 1 млн. шт./га (Контроль) в 0,03%. В норме высева 1,2 млн. шт./га накопление калия составило 0,09% при сравнении с 1,0 млн. шт./га (Контроль). Максимальное повышение калия отмечено норме высева 0,9 млн. шт./га — 1,89%.

Вариант 0,9 млн. шт./га обеспечило повышение содержания N сорта лука репчатого Иглинский 2 на 0,04% по сравнению варианта с 1 млн. шт./га (Контроль). При сравнении варианта 1,1 млн. шт./га и варианта 1 млн.

шт./га (Контроль) разница составила 0,07%. Вариант 1,2 млн. шт./га максимально увеличилось накопление азота по сравнению 1 млн. шт./га (Контроль) в 0,13%.

Максимальное повышение азота отмечено норме высева 1,1 млн. шт./га 1,52% по сравнению с нормой высева 1 млн. шт./га (Контроль).

Содержание P_2O_5 норме высева 0,9 млн. шт./га увеличилось на 0,06% по сравнению с 1 млн. шт./га (Контроль); сравнение нормы высева 1,1 млн. шт./га и 1 млн. шт./га (Контроль) повысила содержание фосфора на 0,02%. При сравнении нормы высева 1,2 млн. шт./га и 1 млн. шт./га разница составила 0,06%.

Максимальное накопление фосфора отмечено норме высева 0,9 млн. шт./га 0,58% по сравнению с нормой высева 1 млн. шт./га (Контроль).

Разница в накоплении калия норме высева 0,9 млн. шт./га повысило на 0,02% по сравнению с 1 млн. шт./га (Контроль). Содержание калия при норме высева 1,1 млн. шт./га повысило накопление калия в 0,04% при сравнении с 1 млн. шт./га (Контроль). При сравнении

Табл. 2. Химический состав сортов лука репчатого при разной норме высева (в среднем за 2021-2023 гг., УНЦ Башкирского ГАУ, %)

Норма высева, млн. шт./га	Сухое вещество, %	N, % (на сухое вещество)	P_2O_5 , % (на сухое вещество)	K_2O , % (на сухое вещество)
Стригуновский местный (St)				
0,9	14,2	1,46	0,53	1,89
1,0 (К)	14,1	1,43	0,49	1,86
1,1	12,9	1,40	0,43	1,83
1,2	12,6	1,36	0,41	1,77
Иглинский 2				
0,9	15,6	1,52	0,58	1,92
1,0 (К)	14,8	1,48	0,52	1,90
1,1	13,9	1,41	0,50	1,86
1,2	12,5	1,35	0,46	1,78
Ред Барон				
0,9	14,7	1,48	0,56	1,90
1,0 (К)	14,1	1,42	0,48	1,88
1,1	13,7	1,37	0,42	1,84
1,2	13,0	1,34	0,40	1,79

1,2 млн. шт./га и 1 млн. шт./га (Контроль) разница составила в 0,12%. Максимальное содержание калия зафиксировано варианте 0,9 млн. шт./га — 1,92% по сравнению с нормой высева 1 млн. шт./га (Контроль).

Наименьшее содержание азота по сорт у лука репчатого Ред Барон зафиксирован в норме высева 0,9 млн. шт./га в 0,06% по сравнению с нормой высева 1 млн. шт./га (Контроль). При сравнении 1,1 млн. шт./га и 1 млн. шт./га (Контроль) разница составила в 0,05%. В сравнении нормы высева 1,2 млн. шт./га и 1 млн. шт./га (Контроль) получили максимальное накопление азота по сорту 0,08%.

Максимальное количество азота зафиксировано норме высева 0,9 млн. шт./га в 1,48% по сравнению с нормой высева 1 млн. шт./га (Контроль).

При сравнении вариантов 0,9 млн. шт./га и 1 млн. шт./га (Контроль) разница в накоплении фосфора составила 0,08%. Разница между нормой высева 1,1 млн. шт./га и нормой высева 1 млн. шт./га (Контроль) составила 0,06%; при сравнении нормы высева 1,2 млн. шт./га и 1 млн. шт./га (Контроль) разница в накоплении фосфора в луковичках составила 0,08%.

Максимальное содержание фосфора зафиксировано варианте 0,9 млн. шт./га — 0,56% по сравнению с нормой высева 1 млн. шт./га (Контроль).

Содержание калия норме высева 0,9 млн. шт./га превышало на 0,02% при сравнении с 1 млн. шт./га

(Контроль). Норме высева 1,1 млн. шт./га накопление калия было выше на 0,04%, чем норме высева 1 млн. шт./га (Контроль), при сравнении 1,2 млн. шт./га и 1 млн. шт./га (Контроль) разница в накоплении калия составила 0,09%.

Максимальное содержание калия содержится норме высева 0,9 млн. шт./га в 1,90% по сравнению с нормой высева 1 млн. шт./га (Контроль).

Выводы

Таким образом, норма высева лука репчатого различных сортов оказало существенное влияние на химический состав сельскохозяйственных растений.

Уровень азота увеличивался при повышении нормы высева растений лука репчатого с 1,46–1,52% (0,9 млн. шт./га) до 1,40–1,48% (1 млн. шт./га) в зависимости от сорта, дальнейшее увеличение нормы высева до 1,1 млн. шт./га и 1,2 млн. шт./га привело к снижению уровня азота до 1,36–1,34%.

Накопление фосфора было наибольшим при норме высева растений лука репчатого 0,9 млн. шт./га (1,46–1,52% в зависимости от сорта), увеличение нормы высева привело к снижению содержания фосфора.

Содержание калия в растениях лука репчатого было наибольшим при норме высева 0,9 млн. шт./га и составило в зависимости от сорта 1,89–1,92%.

Литература

1. Денисова, А. В. Семенная продуктивность лука-батун / А. В. Денисова // Наука молодых – инновационному развитию АПК в обеспечении продовольственной безопасности РФ: мат-лы Всерос. (нац.) науч.-практич. конф. молодых учёных, Уфа, 26 ноября 2025 года. – Уфа: Башкирский ГАУ, 2025. – С. 28–31.
2. Исмагилов, Р.Р. Изменение уровня минерального питания растений на поле со сложным рельефом / Р. Р. Исмагилов, Р. Р. Абдулвалеев // Пермский аграрный вестник. – 2016. – № 4(16). – С. 27–30.
3. Кароматов, И. Д. Лук репчатый – лечебное и профилактическое средство (обзор литературы) / И. Д. Кароматов, Ш. К. Такаева // Биология и интегративная медицина. – 2020. – № 1(41). – С. 61–79.
4. Сатаева, А. В. Атлас по анатомии и морфологии растений: атлас / А. В. Сатаева. – Уфа: Башкирский государственный аграрный университет, 2024. – 135 с.
5. Тарантул, А. Лук репчатый (лат. Allium cepa) / А. Тарантул, Т. Елисеева // Журнал здорового питания и диетологии. – 2020. – № 11. – С. 25–36.
6. Ткачук, А.Д. Химический состав и питательная ценность репчатого лука / А. Д. Ткачук, М. Ю. Карпучин // Вклад молодых учёных в развитие АПК: сб. тезисов, Екатеринбург, 17 марта 2021 года. – Екатеринбург: Уральский ГАУ, 2021. – 268.
7. Черкашина, А. Г. Комплексная методика анализа и оформления результатов экспериментальных исследований / А. Г. Черкашина, М. И. Черкашина // Научная жизнь. – 2026. – Т. 21. – № 1(145). – С. 414–419.
8. Черкашина, М. И. Ботанико-биологические особенности, пищевые и целебные свойства лука репчатого / М. И. Черкашина, Р. Р. Алимгафаров, А. Г. Черкашина, И. Н. Ахматханов // Научная жизнь. – 2026. – Т. 21. – № 2(146). – С. 904–914.
9. Черкашина, М. И. Водный режим сельскохозяйственных растений / М. И. Черкашина, Р. Р. Алимгафаров // Научная жизнь. – 2026. – Т. 21. – № 2(146). – С. 542–549.
10. Черкашина, М.И. Агротехнические приёмы возделывания лука репчатого в южной лесостепи / М. И. Черкашина, Р. Р. Алимгафаров, И. Ю. Кузнецов, А. Г. Черкашина // Научная жизнь. – 2025. – Т. 20. – № 4(142). – С. 967–973.
11. Rahmawan, H. Resilient onions: Adapting onion cultivation to climate change / H. Rahmawan, N. I. D. Arista, S. Awanis, S. Z. A. Deli // Holistic: Journal of Tropical Agriculture Sciences. – 2025. – 3 (1), 59–78.
12. Dutta, M. G. Machine learning insights for sustainable hydroponic cultivation and growth monitoring of allium cepa using smart hydro kit / Dutta, M. G. Deepali, S. Juneja, S. AlNadhari, S.B. Belhaouari // Scientific Reports. – 2025. – 15 : 10164.

References

1. Denisova, A. V. Semennaya produktivnost' luka-batuna / A. V. Denisova // Nauka molody'x – innovacionnomu razvitiyu APK v obespechenii prodovol'stvennoj bezopasnosti RF: mat-ly' Vseros. (nacc.) nauch.-praktich. konf. molody'x uchyony'x, Ufa, 26 noyabrya 2025 goda. - Ufa: Bashkirskij GAU, 2025. -S. 28–31.
2. Ismagilov, R.R. Izmenenie urovnya mineral'nogo pitaniya rastenij na pole so slozhny'm rel'efom / R. R. Ismagilov, R. R. Abdulvaleev // Permskij agrarnyj vestnik. -2016. -№ 4(16). -S. 27–30.
3. Karomatov, I. D. Luk repchatyj – lechebnoe i profilakticheskoe sredstvo (obzor literatury) / I. D. Karomatov, Sh. K. Takaeva // Biologiya i integrativnaya medicina. -2020. -№ 1(41). -S. 61–79.
4. Sataeva, L. V. Atlas po anatomii i morfologii rastenij: atlas / L. V. Sataeva. -Ufa: Bashkirskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2024. -135 s.
5. Tarantul, A. Luk repchatyj (lat. Allium cepa) / A. Tarantul, T. Eliseeva // Zhurnal zdorovogo pitaniya i dietologii. -2020. -№ 11. -S. 25–36.
6. Tkachuk, D.D. Khimicheskij sostav i pitatel'naya cennost' repchatogo luka / D. D. Tkachuk, M. Yu. Karpuxin // Vklad molody'x uchyony'x v razvitie APK: sb. tezisov, Ekaterinburg, 17 marta 2021 goda. -Ekaterinburg: Ural'skij GAU, 2021. – 268.
7. Cherkashina, A. G. Kompleksnaya metodika analiza i oformleniya rezul'tatov e'ksperimental'ny'x issledovanij / A. G. Cherkashina, M. I. Cherkashina // Nauchnaya zhizn'. -2026. -T. 21. -№ 1(145). -S. 414–419.
8. Cherkashina, M. I. Botaniko-biologicheskie osobennosti, pishhevye i celebnye svoystva luka repchatogo / M. I. Cherkashina, R. R. Alimgafarov, A. G. Cherkashina, I. N. Axmatxanov // Nauchnaya zhizn'. -2026. -T. 21. -№ 2(146). -S. 904–914.
9. Cherkashina, M. I. Vodnyj rezhim sel'skoxozyajstvenny'x rastenij / M. I. Cherkashina, R. R. Alimgafarov // Nauchnaya zhizn'. -2026. -T. 21. -№ 2(146). -S. 542–549.
10. Cherkashina, M.I. Agrotexnicheskije priyomy vozdeystvovaniya luka repchatogo v yuzhnoj lesostepi / M. I. Cherkashina, R. R. Alimgafarov, I. Yu. Kuznecov, A. G. Cherkashina // Nauchnaya zhizn'. -2025. -T. 20. -№ 4(142). -S. 967–973.
11. Rahmawan, H. Resilient onions: Adapting onion cultivation to climate change./ H. Rahmawan, N. I. D. Arista, S. Awanis, S. Z. A. Deli //Holistic: Journal of Tropical Agriculture Sciences. -2025. -3(1), 59–78.
12. Dutta, M. G. Machine learning insights for sustainable hydroponic cultivation and growth monitoring of allium cepa using smart hydro kit./ Dutta, M. G. Deepali, S. Juneja, S. AlNadhari, S.B. Belhaouari// Scientific Reports. -2025. -15 : 10164.

M.I. Cherkashina¹, R.R. Alimgafarov², R.R. Abdulvaleev², A.G. Cherkashina¹

¹Arctic State Agrotechnological University,

²Bashkir State Agrarian University

703210@internet.ru

CHEMICAL COMPOSITION OF ONION VARIETIES (ALLIUM CEPA L.)

Onion (Allium cepa L.) is one of the most important vegetable crops widely cultivated throughout the world. The study of its chemical composition is of particular relevance due to the need to optimize cultivation technologies for obtaining products with high nutritional and medicinal properties. The aim of the research was to study the effect of different seeding rates of sets on the chemical composition of bulbs of onion varieties Strigunovsky mestny, Iginsky 2, and Red Baron. Three-year field and laboratory studies were conducted in 2021–2023 on leached chernozem in the conditions of the Southern forest-steppe of the Republic of Bashkortostan at the Bashkir State Agrarian University. Four seeding rates were studied: 0.9; 1.0; 1.1; 1.2 million pcs./ha. The content of dry matter, total nitrogen, phosphorus, and potassium in bulbs was determined. It was established that with an increase in the seeding rate from 0.9 to 1.2 million pcs./ha, a consistent and statistically significant decrease in all studied parameters was observed for all varieties. The maximum accumulation of dry matter (15.6%), nitrogen (1.52%), phosphorus (0.58%), and potassium (1.92%) was noted in the Iginsky 2 variety at the minimum seeding rate of 0.9 million pcs./ha. The lowest values of all parameters were recorded at the maximum seeding rate of 1.2 million pcs./ha. Varietal differences in chemical composition are most pronounced at a low seeding rate and become less pronounced with an increase in plant density. The Iginsky 2 variety is characterized by the highest accumulation of all studied nutrient elements. The results obtained can be used to optimize the technology of onion cultivation in the forest-steppe zone.

Key words: onion, Allium cepa L., variety, seeding rate, chemical composition, dry matter, nitrogen, phosphorus, potassium, leached chernozem.

Влияние биогуматов на агрохимические и биологические свойства почв и урожайность сельскохозяйственных культур (обзор)

УДК 631.8

DOI: 10.32935/2221-7312-2026-69-3-25-31

А. Б. Дячкина¹ (к.т.н.), Р. Х. Темботов² (к.б.н.)¹ООО «БТК БИО-ТЕРРА»,²Санкт-Петербургский государственный университет,
tembotov.rustam@mail.ru

Современное сельское хозяйство находится в условиях противоречия между необходимостью наращивания объемов производства продовольствия и требованиями экологической безопасности. Интенсивное применение минеральных удобрений и химических средств защиты растений, хотя и обеспечивает краткосрочный рост урожайности, приводит к деградации почв: снижению содержания гумуса, уплотнению почвы, угнетению полезной микробиоты и загрязнению. В связи с этим, актуальной задачей является внедрение технологий, сочетающих продуктивность с восстановлением почвенного плодородия. Биогуматы и гуминовые препараты рассматриваются как эффективные биологически активные вещества, способные решить данную проблему. В статье обосновывается использование биогуматов в качестве экологически безопасной, ресурсосберегающей альтернативы, не уступающей по своей эффективности традиционным агрохимическим препаратам. В работе указывается на различия биогуматов, классификация которых основана на источнике сырья из которого она изготавливается, методах получения, форме выпуска, химическому составу, добавочным компонентам и целям использования. На основе анализа современных отечественных и зарубежных исследований показано положительное влияние применения биогуматов на физико-химические и биологические свойства почвы, а также на качество и урожайность сельскохозяйственных культур. Показано, что внесение биогуматов способствует улучшению структурного состояния и водно-воздушного режима почв, происходит мобилизация труднодоступных форм питательных элементов, увеличивается численности и разнообразие, а также активности полезной микробиоты и почвенных ферментов. Представлены примеры положительного влияния использования биогуматов при различных видах растениеводства, таких как: садоводство, семеноводство и овощеводство. Делается вывод о высокой перспективности применения биогуматов в земледелии, которые обеспечивают восстановление и увеличения плодородия почв, повышение стрессоустойчивости растений и получение стабильного, экологически чистого урожая.

Ключевые слова: биогумусовые удобрения, сельскохозяйственные культуры, урожайность, плодородие почв, экологическое состояние почв.

В условиях глобальных экологических проблем и необходимости обеспечения продовольственной безопасности, развитие экологически безопасных технологий в сельском хозяйстве приобретает особую актуальность. Одним из приоритетных направлений является внедрение органических удобрений, способных не только повысить плодородие почвы, но и снизить негативную нагрузку на почвенный покров [14]. Большое внимание уделяется их роли в повышении плодородия почв и улучшении состояния сельскохозяйственных растений [26]. Биогуматы обладают многочисленными положительными свойствами, в том числе стимулируют рост растений, повышают их устойчивость к стрессу, улучшают структуру почвы и активизируют биологические процессы в ней [5]. Одним из важнейших свойств гуминовых веществ является их способность переводить различные микро и макроэлементы в доступные для растений формы и повышение их содержание в почвенном растворе [4, 13]. В связи с этим, актуально провести литературный анализ влияния биогуматов на почву и растения, что поможет определить их роль в агрономической практике и разработать рекомендации

по их применению для повышения урожайности и качества сельскохозяйственных культур.

Состав и особенности биогуматов

Биогуматы содержат богатый комплекс гуминовых кислот, которые влияют на физико-химические свойства почвы и её биологическую активность. Их состав характеризуется разнообразием компонентов, которые оказывают положительное воздействие на почву и растения. Основными компонентами биогуматов являются:

- гуминовые вещества: гуминовые и фульвокислоты;
- некарбонатные органические соединения: органические кислоты, аминокислоты, фенолы и другие биологически активные вещества;
- минеральные частицы: железо, алюминий, калий, кальций и другие катионы, образующие сложные гуминовые фракции;
- микро- и макроэлементы: азот, фосфор, калий, цинк, медь, бор, молибден и др.;
- микробиологический компонент: живые микроорганизмы и их метаболиты.

Таким образом, общая характеристика состава биогуматов, показывает высокое содержание биологически активных соединений, что подтверждает их потенциал как природных стимуляторов роста и повышения плодородия почв и позволяет рекомендовать их в качестве органических удобрений [12].

Преимущество биогуматов

Преимущество биогуматов перед остальными удобрениями заключается в следующем:

- экологическая безопасность — они не содержат вредных веществ, таких как нитраты, фосфаты или тяжёлые металлы, что снижает риск загрязнения почвы и продукции [18];
- улучшение структуры почвы — повышение пористости, устойчивости к эрозии и деградации [7];
- комплексное питание растений — богатый состав микроэлементов обеспечивает полноценное питание и стимулирует рост [22];
- снижение нагрузки химическими веществами — способствует сокращению использования синтетических удобрений и пестицидов [23];
- повышает биологическую активность — ускоряет разложение органических веществ и повышает активность ферментов в почве [9]; являются катализаторами биохимических процессов в почве и тем самым оказывают стимулирующим воздействие на почвенные микроорганизмы [1].

Результатом всех этих изменений и улучшений почвенных свойств является стабилизация экологического состояния и повышение плодородия почвы, что приводит к увеличению урожайности сельскохозяйственных культур и получению прибыли сельхозпроизводителями.

Различные виды биогуматов

Классификация биогуматов преимущественно основана на источнике сырья из которого она изготавливается, методах получения и форме выпуска [13, 7]. Основные разновидности биогуматов и их преимущества представлены в *таблице*.

Помимо основных классификаций, существует ряд узкоспециализированных видов биогуматов, которые

различаются по своему химическому составу, добавочным компонентам и целям использования. Также существуют специализированные биогуматы, которые создаются специально под потребности конкретных групп растений. Например, для рассады, которые имеют акцент на развитие корневой системы, или для хвойных растений, которые поддерживают иммунитет.

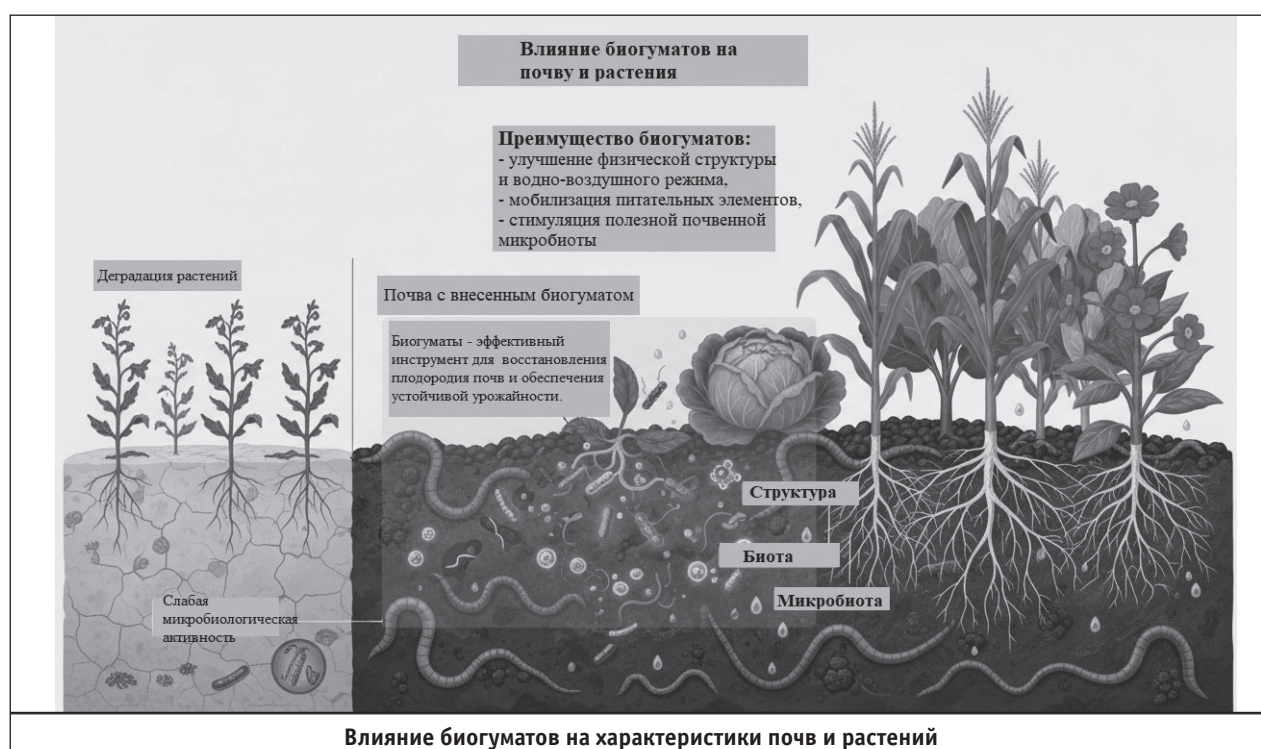
Влияние биогуматов на физические, химические и биологические свойства почвы

Внесение биогуматов приводит к повышению плодородия, структурной стабильности почвы и улучшению ее физико-химических характеристик, таких как водоудерживающая способность, аэрация и pH-баланс [5]. Биогумус делает почву более рыхлой и проницаемой для воздуха и воды, что способствует улучшению её влаго- и воздухообмена. В работе [7] показано, что структура обыкновенного карбонатного чернозёма улучшается при внесении гуминового препарата «Гумат калия». Улучшение выражается в снижении доли глыбистых и пылеватых фракций, что отражается на увеличении показателя структурности. Показано, что разрушение ценных агрономически водопрочных агрегатов замедляется, что свидетельствует о положительных изменениях в структуре почвы. Внесении биогуматов, приводит к корректировке и увеличению содержания доступных форм элементов питания и как следствие — повышение урожайности сельскохозяйственных культур [1]. Биогуматы приводят к активизации микробиологических процессов, происходящих в почвах, увеличению почвенной биоты и разнообразию полезных микроорганизмов (*см. рисунок*). Это обусловлено влиянием корневых выделений, проявляющимся в росте численности групп микроорганизмов в зоне ризосферы растений [1]. Также, в работе [9] показано, что внесение биологических препаратов приводит к повышению активности почвенных ферментов, являющихся катализаторами почвенного плодородия.

Практическое применение и результаты научных исследований биогуматов

Биогуматы представляют собой высокоэффективное средство повышения урожайности и качества

Классификация биогуматов и их особенности		
Классификация	Вид препарата	Особенности и преимущества
По источнику сырья	Торфяные	Высокое содержание гуминовых кислот, доступность, хорошая структура Богаты органическими микроэлементами, аминокислотами и витаминами Содержат живую полезную микрофлору, ферменты и фитогармоны
	Сапропелевые	
	Вермикомпостные	
По методу получения	Щелочные	Хорошо растворимы, подходят для систем фертигации и листовой подкормки Сочетают свойства стимулятора роста и азотного удобрения Обогащены штаммами бактерий для защиты и ускорения роста
	Нитрогуматы	
	Биоактивированные	
По форме выпуска	Жидкие	Легко усваиваются, удобны для обработки семян и опрыскивания Экономичны, удобны для внесения в почву под перекопку или посев Эффект пролонгированного питания, удобны для основного внесения
	Порошковые	
	Гранулированные	



сельскохозяйственной продукции, что делает их незаменимым компонентом современных систем удобрения в органическом и интегрированном земледелии. Научные исследования последних лет убедительно доказывают, что биогуматы не только улучшают различные физико-химические и биологические свойства почв, но и обеспечивают достоверную прибавку урожая широкого спектра сельскохозяйственных культур.

Садоводство. В садоводстве, уже достаточно долгое время применяют биогуматы, для улучшения почв и повышения урожайности. Положительные результаты применения биогумусовых удобрений получены в работе [27], в которой показано, что обработка применением биопрепаратов увеличила урожайность яблок на 114 и 67 % по сравнению с контрольными вариантами. В данном исследовании показано, что применение биогумусовых препаратов не только значительно повышает урожайность яблок, но и влияет на структуру бактериального сообщества в почве, где увеличивается количество бактерий рода *Lysobacter*, которые в свою очередь эффективны в борьбе с болезнями растений на основе биологического контроля. Исследователи [24] указывают на то, что биогуматы являются экономически эффективной и экологичной альтернативой стандартным азотно-фосфорно-калийным удобрениям при выращивании яблок. Также, внесение биогумусовых удобрений, положительно влияют на такие морфологические свойства саженцев яблонь, как диаметр корневой шейки и высота прироста [6].

Благоприятное воздействие гуминовых препаратов, было отмечено и на винограде. В работе [16] по-

казано, что использование гуминовых препаратов способствовало увеличению роста и вызреванию побегов изучаемых сортов винограда, являющимися важными показателями в виноградарстве.

Семеноводство. Зерновые культуры играют ключевую роль в мировом производстве продуктов питания, являясь основным источником питания и средств к существованию для миллионов людей. Большое количество работ опубликовано по применению биогуматов на зерновых культурах. Так, в исследовании, проведенном на различных зерновых культурах показано [25], что за 23 года использование биогумуса позволило сократить применение химических удобрений на 37 % и повысить урожайность пшеницы, кукурузы, сорго и ячменя на 0,55, 0,29, 0,05 и 0,03 т/га соответственно, а также улучшить показатели качества зерна. В работах отечественных исследователей [4, 20] показано, что обработка посевов озимой пшеницы гуминовым препаратом и внесение их в почву, способствует снижению в почве всех форм минеральных фосфатов, особенно фосфатов первой группы, наиболее доступных растениям, что указывает на повышение потребности растений, получивших стимулирующие обработки гуминовым препаратом, в фосфорном питании, а также происходит достоверное увеличение микробиологической активности почв в ризосферной зоне.

Эффективность применения гуминовых препаратов, также оценивались и на зернобобовых культурах. В исследовании [11] показано, что применение гуминовых препаратов в период вегетации нута оказало стимулирующее влияние на ризосферные микроорга-

низмы, что выразилось в увеличении численности их различных групп. А также повысилась урожайность за счет стимулирования растений и усиленного поглощения фосфора.

Овощеводство. В овощеводстве, также, как и в других сферах растениеводства, активно применяют биогуматы. Так, большая научная работа проделана по изучению влияния биогуматов на рост и развития гороха [7]. В ней показано, что внесение гуминовых препаратов «Гумат калия» и «БИО-Дон» в баковой смеси с инсектицидом при посеве гороха стимулирует развитие растений и косвенно, через микроорганизмы ризосферной области, способствует изменению содержания доступных форм минерального питания в чернозёме обыкновенном карбонатном. В исследовании [2], выявлено, что наибольшее развитие корневой системы и вегетативной массы редиса сорта Корунд отмечалось при обработке обогащенным БиоГумутом «Экокс». В работе [19] по изучению влияния гуматов, полученных из биогумуса на основе свиного навоза на рост и развитие томатов, также показал положительное воздействие, отразившееся на ускорении роста растений. Гуминовые препараты, также улучшили лежкоспособность корнеплодов моркови. Выявлено достоверное влияние препарата Гумостим в концентрации раствора 0,005 % на массу (125,3 г) и длину корнеплода (19,1 см). Наибольшая урожайность отмечена при обработке семян растворами препаратов в концентрации 0,001 % – от 13,45 кг/м² (Гумостим) до 13,6 кг/м² (Гумат калия) [8]. Картофель является одной из наиболее отзывчивых сельскохозяйственных культур на внесение биогуматов. Результаты исследований показывают, что увеличение урожайности варьирует от 10 % до 42 %, в зависимости от способа обработки, погодных условий, степени окультуренности почвы и сорта картофеля [17]. Также, выявлено существенное воздействие биогумусовых удобрений на количество клубней картофеля, который на контроле составил 290 штук на 10 растений, а на вариантах с внесением гуминовых препаратов 360 и 410 штук на 10 растений [10].

Кроме того, выявлено влияние биогумусовых удобрений на технические культуры, например, сахарную свеклу. В исследовании [3] показано, что при применении препарата лигногумат, происходит прибавка к урожайности сахарной свеклы на 9-20 %, а сахаристости на 102-105 %, по отношению к контролю.

Экономический эффект применение биогуматов

Внедрение биогуматов позволяет сократить расходы на синтетические химические удобрения и средства защиты растений, что способствует повышению рентабельности сельскохозяйственных предприятий. Кроме

того, использование органических удобрений положительно сказывается на репутации продукции и соответствует требованиям экологической сертификации. Экономический эффект особенно заметен при системном подходе, включающем совместное применение биогуматов с другими органическими и минеральными удобрениями. Такой комплексный подход обеспечивает стабильное повышение урожайности и качества продукции, снижение затрат и повышение экологической ответственности предприятий [15]. Важным при применении гумусовых препаратов является, установление оптимальных доз этих удобрений. В исследовании [11] показано, что при возделывании нута, наиболее рентабельным является применение препаратов на среднем уровне, по сравнению с высокими дозами внесения.

Перспективы и направления дальнейших исследований биогуматов

Научное сообщество продолжает активно исследовать новые источники и методы производства биогуматов, а также их долгосрочное влияние на агроэкосистемы. Важным направлением является создание локальных систем производства гуминовых препаратов с учётом специфики почвенно-климатических условий региона. В перспективе ожидается развитие технологий биоремедиации, при которых биогуматы служат не только удобрением, но и средством для очистки загрязнённых почв и водоемов, снижения токсичности тяжелых металлов и пестицидов.

Использование биогуматов может стать шагом вперёд на пути к устойчивому сельскому хозяйству. Хотя невозможно контролировать климатические условия, но можно контролировать ризосферную среду и влиять на неё, используя биогумусовые удобрения. Таким образом, можно увеличить урожайность и способствовать росту экономики сельскохозяйственного сектора [21].

В итоге, использование биогуматов и гуминовых удобрений является оптимальным подходом к развитию устойчивого сельского хозяйства. Они обеспечивают эффективное повышение плодородия, улучшают экологическое состояние почв и способствуют производству экологически чистых продуктов. Применение различных видов биогуматов представляет собой реальную альтернативу химическим удобрениям и пестицидам и является важным направлением долгосрочной стратегии развития аграрного сектора. Перспективы внедрения биогуматов в агропромышленный комплекс позволяют не только повысить урожайность, но и уменьшить негативное воздействие на окружающую среду, что особенно актуально в условиях увеличивающегося с каждым днем антропогенного воздействия, глобальных изменений климата и ограниченности ресурсов.

Литература

1. Безуглова, О. С. Влияние на почвенное плодородие гуминовых удобрений и препаратов / О. С. Безуглова, Е. А. Полиенко, А. В. Горюнов, В. А. Лыхман, П. Д. Павлов // Живые и биокосные системы. – 2016. – № 18.
2. Борисенко, В. В. Изучение влияния обогащенного биоугмута «Экокс» на продуктивность овощных культур / В. В. Борисенко, С. Б. Хусид // Научный журнал КубГАУ. – 2015. – № 107. – С. 1-8.
3. Брыкалов, А. В. Лигногумат: миф и реальность / А. В. Брыкалов, О. А. Гладков, Е. С. Романенко, Р. Г. Иванова. Ставрополь: СтГАУ, 2005. 108 с.
4. Дубинина, М. Н. Влияние гуминового препарата на фракционно-групповой состав фосфатов в черноземе обыкновенном карбонатном / М. Н. Дубинина, О. С. Безуглова // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. – 2022. – № 1. – С. 38-48.
5. Жолобова, И. С. Влияние биоугматов на почвенную биоту / И. С. Жолобова, А. О. Пономарева // Научный журнал КубГАУ. – 2015. – № 114. – С. 1-10.
6. Зыков А. В., Егорова К. И., Юнин В. А. Анализ влияния различных доз удобрения Биугм на морфологические параметры однолетних саженцев яблони / А. В. Зыков, К. И. Егорова, В. А. Юнин // Известия НВ АУК. – 2024. – № 2. – С. 148-156.
7. Карташев, С. С. Влияние гуминовых препаратов на свойства чернозёма обыкновенного карбонатного при возделывании гороха посевного в Ростовской области: дисс. кандидата биол. наук. Ростов-на-Дону, 2024. 117 с.
8. Кондратенко, Е. П. Оценка реакции моркови столовой на предпосевную обработку семян гуминовыми препаратами / Е. П. Кондратенко, Н. Н. Чуманова, И. А. Сергеева, О. Г. Позднякова, Р. А. Ворошилин // Достижения науки и техники АПК. – 2017. – Т. 31. – №. 1. – С. 22-25.
9. Куликова, А. Х. Ферментативная активность почвы в зависимости от системы удобрения / А. Х. Куликова, С. А. Антонова, А. В. Козлов // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. – № 4. – С. 36-43.
10. Ляшко, М. У. Влияние гуминовых препаратов на содержание хлорофилла в листьях и урожайность картофеля в условиях Московской области / М. У. Ляшко, Ю. В. Цветкова, В. О. Пресис // Вестник РУДН. Серия: Агрономия и Животноводство. – 2018. – №. 2 – С. 85-92.
11. Патрикеев, Е. С. Эффективность гуминовых препаратов в агротехнологии нута на различных уровнях питания в условиях Ростовской области: дисс. кандидата биол. наук. Рассвет, 2025. 118 с.
12. Петенко, А. И. Микробные ассоциации биоугмуса и гуминовых веществ, полученных на основе отходов животноводства / А. И. Петенко, И. С. Жолобова, Н. Е. Горюнов, А. Н. Гнеуш, Д. В. Антипова // Научный журнал КубГАУ. – 2020. – № 157. – С. 1-16.
13. Полиенко, Е. А. Экологическая оценка влияния гуминовых препаратов на состояние почв и растений: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук. Ростов-на-Дону: ЮФУ, 2016. 24 с.
14. Старостин, К. В. Использование органического удобрения (биоугмуса) для возрождения плодородия почв и повышения урожая / К. В. Старостин // Молодой учёный. – 2017. – № 20. – С. 231-233.
15. Сулов, С. А. Биоугмус – резерв повышения эффективности сельского хозяйства / С. А. Сулов, М. А. Дулепов // Вестник НГИЭИ. – 2011. – №2. – С. 38-47.
16. Тихонова, М. А. Влияние гуматов и биорегуляторов на ростовые процессы винограда / М. А. Тихонова, Г. Р. Мурсалимова // Современное садоводство – Contemporary horticulture. – 2018. – №1. – С. 79-85.
17. Якименко, О.С. Применение гуминовых продуктов в РФ: результаты полевых опытов (обзор литературы) / О.С. Якименко // Живые и биокосные системы. -2016. -№ 18. URL: <https://jbks.ru/archive/issue-18/article-4>.
18. Abou El-Yazied A., Sellim S. Effect of Reducing N, P Mineral Fertilization Levels Combined with Bio Fertilizer on Growth, Yield and Tuber Quality of Potato Plants // Journal of Agricultural Sciences. 2007. Vol. 32. – P. 2701-2726.
19. Atiyeh R. M., Lee S., Edwards C. A., Arancon N. Q., Metzger J. D. The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth // Bioresour Technol. – 2002. Vol. 84. – P. 7-14.
20. Bezuglova O. S., Gorovtsov A. V., Polienko E. A., Zinchenko V. E., Grinko A. V., Lykhman V. A., Dubinina M. N., Demidov A. Effect of humic preparation on winter wheat productivity and rhizosphere microbial community under herbicide-induced stress // J. Soils Sediments. – 2019. Vol. 19. – P. 2665–2675.
21. Bhatt P., Singh V. Effect of humic acid on soil properties and crop production– A review. The Indian Journal of Agricultural Sciences. – 2022. Vol. 92. – P. 1423–1430.
22. Khan A., Ishaq F., Chemical nutrient analysis of different composts (Vermicompost and Pitcompost) and their effect on the growth of a vegetative crop Pisum Sativum // Asian Journal of Plant Science and Research. – 2011. Vol. 1. – P. 116-130.
23. Kumar S., Diksha S., Kumar R. Biofertilizers: An ecofriendly technology for nutrient recycling and environmental sustainability // Current Research in Microbial Sciences. – 2022. Vol. 3. – P. 100094.
24. Mosa W., Paszt L., Frac M., Trzcinski P. The role of biofertilization in improving apple productivity – A Review // Advances in Microbiology. – 2015. Vol. 5. – P. 21-27.
25. Oyege I., Balaji Bhaskar M. S. Effects of Vermicompost on Soil and Plant Health and Promoting Sustainable Agriculture // Soil Systems. – 2023. Vol. 7. – P. 101.
26. Pathma J., Sakthivel N. Microbial diversity of vermicompost bacteria that exhibit useful agricultural traits and waste management potential // 2012. Springer Plus. Vol. 1. – P. 26.
27. Wang L., Li J., Yang F. et al. Application of Bioorganic Fertilizer Significantly Increased Apple Yields and Shaped Bacterial Community Structure in Orchard Soil // Microb Ecol. – 2017. Vol. 73. – P. 404–416.

References

1. Bezuglova, O. S. Vliyanie na pochvennoe plodorodie guminovy'x udobrenij i preparatov / O. S. Bezuglova, E. A. Polienko, A. V. Gorovtsov, V. A. Ly'xman, P. D. Pavlov // *Zhivy'e i biokosny'e sistemy*. -2016. -№ 18.
2. Borisenko, V. V. Izuchenie vliyaniya obogashennogo biogumata «E'koss» na produktivnost' ovoshhny'x kul'tur / V. V. Borisenko, S. B. Xusid // *Nauchny'j zhurnal KubGAU*. -2015. -№ 107. – S. 1-8.
3. Bry'kalov, A. V. Lignogumat: mif i real'nost' / A. V. Bry'kalov, O. A. Gladkov, E. S. Romanenko, R. G. Ivanova. Stavropol': StGAU, 2005. 108 s.
4. Dubinina, M. N. Vliyanie guminovogo preparata na frakcionno-gruppovoj sostav fosfatov v chernozeme oby'knoennom karbonatnom / M. N. Dubinina, O. S. Bezuglova // *Izvestiya vuzov. Severo-Kavkazskij region. Estestvenny'e nauki*. -2022. – № 1. – S. 38-48.
5. Zholobova, I. S. Vliyanie biogumatov na pochvennyuyu biotu / I. S. Zholobova, L. O. Ponomareva // *Nauchny'j zhurnal KubGAU*. -2015. -№ 114. – S. 1-10.
6. Zy'kov A. V., Egorova K. I., Yunin V. A. Analiz vliyaniya razlichny'x doz udobreniya Biagum na morfologicheskie parametry' odnoletnix sazhencev yablon' / A. V. Zy'kov, K. I. Egorova, V. A. Yunin // *Izvestiya NV AUK*. -2024. -№ 2. – S. 148-156.
7. Kartashev, S. S. Vliyanie guminovy'x preparatov na svoystva chernozyoma oby'knoennogo karbonatnogo pri vozdeystvii goroxa posevnogo v Rostovskoj oblasti: diss. kandidata biol. nauk. Rostov-na-Donu, 2024. 117 s.
8. Kondratenko, E. P. Ocenka reakcii morkovi stolovoj na predposevnyuyu obrabotku semyan guminovy'mi preparatami / E. P. Kondratenko, N. N. Chumanova, I. A. Sergeeva, O. G. Pozdnyakova, R. A. Voroshilin // *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. -2017. -T. 31. -№. 1. – S. 22-25.
9. Kulikova, A. X. Fermentativnaya aktivnost' pochvy' v zavisimosti ot sistemy' udobreniya / A. X. Kulikova, S. A. Antonova, A. V. Kozlov // *Vestnik Ul'yanovskoj gosudarstvennoj sel'skoxozyajstvennoj akademii*. -2017. -№ 4. – S. 36-43.
10. Lyashko, M. U. Vliyanie guminovy'x preparatov na sodержanie xlorofilla v list'yax i urozhajnost' kartofelya v usloviyax Moskovskoj oblasti / M. U. Lyashko, Yu. V. Czvetkova, V. O. Gresis // *Vestnik RUDN. Seriya: Agronomiya i Zhivotnovodstvo*. -2018. -№.2 – S. 85-92.
11. Patrikeev, E. S. E'fektivnost' guminovy'x preparatov v agrotekhnologii nuta na razlichny'x urovnyax pitaniya v usloviyax Rostovskoj oblasti: diss. kandidata biol. nauk. Rassvet, 2025. 118 s.
12. Petenko, A. I. Mikrobnyye associacii biogumusa i guminovy'x veshhestv, poluchenny'x na osnove otxodov zhivotnovodstva / A. I. Petenko, I. S. Zholobova, N. E. Gorkovenko, A. N. Gneush, D. V. Antipova // *Nauchny'j zhurnal KubGAU*. -2020. – № 157. – S. 1-16.
13. Polienko, E. A. E'kologicheskaya ocenka vliyaniya guminovy'x preparatov na sostoyanie pochv i rastenij: avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni kandidata biologicheskix nauk. Rostov-na-Donu: YuFU, 2016. 24 s.
14. Starostin, K. V. Ispol'zovanie organicheskogo udobreniya (biogumusa) dlya vozrozhdeniya plodorodiya pochv i povы'sheniya urozhaya / K. V. Starostin // *Molodoj uchyony'j*. -2017. -№ 20. – S. 231–233.
15. Suslov, S. A. Biogumus – rezerv povы'sheniya e'fektivnosti sel'skogo xozyajstva/ S. A. Suslov, M. A. Dulepov// *Vestnik NGIE'I*. -2011. -№2. – S. 38-47.
16. Tixonova, M. A. Vliyanie gumatov i bioregulyatorov na rostovy'e processy' vinograda./ M. A. Tixonova, G. R. Mursalimova // *Sovremennoe sadovodstvo – Contemporary horticulture*. -2018. -№1. – S. 79-85.
17. Yakimenko, O.S. Primenenie guminovy'x produktov v RF: rezul'taty polevy'x opy'tov (obzor literatury')/ O.S. Yakimenko // *Zhivy'e i biokosny'e sistemy*. -2016. -№ 18. URL: <https://jbs.ru/archive/issue-18/article-4>.
18. Abou El-Yazied A., Sellim S. Effect of Reducing N, P Mineral Fertilization Levels Combined with Bio Fertilizer on Growth, Yield and Tuber Quality of Potato Plants // *Journal of Agricultural Sciences*. 2007. Vol. 32. – P. 2701-2726.
19. Atiyeh R. M., Lee S., Edwards C. A., Arancon N. Q., Metzger J. D. The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth // *Bioresour Technol*. 2002. Vol. 84. – P. 7-14.
20. Bezuglova O. S., Gorovtsov A. V., Polienko E. A., Zinchenko V. E., Grinko A. V., Lykhman V. A., Dubinina M. N., Demidov A. Effect of humic preparation on winter wheat productivity and rhizosphere microbial community under herbicide-induced stress // *J. Soils Sediments*. 2019. Vol. 19. – P. 2665–2675.
21. Bhatt P., Singh V. Effect of humic acid on soil properties and crop production– A review. *The Indian Journal of Agricultural Sciences*. 2022. Vol. 92. – P. 1423–1430.
22. Khan A., Ishaq F. Chemical nutrient analysis of different composts (Vermicompost and Pitcompost) and their effect on the growth of a vegetative crop Pisum Sativum // *Asian Journal of Plant Science and Research*. 2011. Vol. 1. – P. 116-130.
23. Kumar S., Diksha S., Kumar R. Biofertilizers: An ecofriendly technology for nutrient recycling and environmental sustainability // *Current Research in Microbial Sciences*. 2022. Vol. 3. – P. 100094.
24. Mosa W., Paszt L., Frac M., Trzcinski P. The role of biofertilization in improving apple productivity – A Review // *Advances in Microbiology*. 2015. Vol. 5. – P. 21-27.
25. Oyege I, Balaji Bhaskar M. S. Effects of Vermicompost on Soil and Plant Health and Promoting Sustainable Agriculture // *Soil Systems*. 2023. Vol. 7. – P. 101.
26. Pathma J., Sakthivel N. Microbial diversity of vermicompost bacteria that exhibit useful agricultural traits and waste management potential // 2012. Springer Plus. Vol. 1. – P. 26.
27. Wang L., Li J., Yang F et al. Application of Bioorganic Fertilizer Significantly Increased Apple Yields and Shaped Bacterial Community Structure in Orchard Soil // *Microb Ecol*. 2017. Vol. 73. – P. 404–416.

A. B. Dyachkina¹, R. Kh. Tembotov²

¹BTK BIO-TERRA,

²Saint Petersburg State University
tembotov.rustam@mail.ru

INFLUENCE OF BIOHUMATES ON AGROCHEMICAL AND BIOLOGICAL PROPERTIES OF SOILS AND CROP YIELDS (REVIEW)

Modern agriculture is caught in a contradiction between the need to increase food production and the demands of environmental safety. The intensive use of mineral fertilizers and chemical plant protection products, while ensuring short-term yield increases, leads to soil degradation: a decline in humus content, soil compaction, suppression of beneficial microbiota, and pollution. In this context, the development and implementation of technologies that combine productivity with the restoration of soil fertility has become a pressing challenge. Biohumates and humic preparations are seen as effective biologically active substances capable of addressing this issue. This article substantiates the use of biohumates as an environmentally safe, resource-saving alternative that is no less effective than traditional agrochemical products. The study highlights the differences among biohumates, whose classification is based on the source of raw materials, production methods, formulation, chemical composition, additional components, and intended use. Drawing on an analysis of current domestic and international research, the article demonstrates the positive effects of biohumate application on the physicochemical and biological properties of soil, as well as on the quality and yield of agricultural crops. It is shown that applying biohumates improves soil structure and the water-air regime, mobilizes unavailable forms of nutrients, and increases the abundance, diversity, and activity of beneficial microbiota and soil enzymes. Examples are provided of the positive effects of using biohumates in various types of crop production, including horticulture, seed production, and vegetable growing. The article concludes that biohumates hold great promise for use in agriculture, as they help restore and enhance soil fertility, increase plant stress resistance, and ensure stable, ecologically clean yields.

Key words: biohumus fertilizers, agricultural crops, yield, soil fertility, soil ecological state.

Правила оформления статей

Статьи принимаются на русском и английском языках.

Материалы для публикации представляются в виде файла в формате Microsoft Word for Windows с расширением .doc или .docx.

Статья и аннотация должны быть написаны хорошим литературным языком. В ней не должны содержаться базисные, общеизвестные, сведения по профильной научной тематике. При использовании единиц измерения необходимо придерживаться международной системы единиц СИ.

Дублирование данных в тексте, таблицах и рисунках недопустимо.

Рекомендуемый объем статей – от 6 до 16 страниц формата A4 в редакторе Microsoft Office Word, шрифт «Times New Roman», кегль 14, интервал 1,5, абзацный отступ – 1 см, все поля – 2 см. Выравнивание текста статьи по ширине.

Графическая информация должна быть черно-белой (за исключением фотографий). Графики, диаграммы, схемы и др. рекомендуется представлять в файлах формата TIFF, Adobe Illustrator, Photoshop, Visio (за исключением диаграмм, выполненных в Microsoft Office). Рисунки должны быть четкими и выполняться на белом фоне. Каждый рисунок должен быть снабжен подрисуночной подписью. Оси графиков должны иметь подписи без сокращений. Элементы схем, чертежей и др. должны иметь подписи или обозначения, расшифровка которых должна содержаться в подрисуночной подписи.

Таблицы выполняются в форматах Microsoft Word или Excel. Каждая строка таблицы должна оформляться именно как отдельная строка. Разделение строк и столбцов таблицы с помощью знаков «пробел», «Enter» не допускается.

Формулы. Простые формулы рекомендуется выполнять в Microsoft Word, более сложные — в Редакторе формул Microsoft Equation Editor или аналогичном редакторе. Все входящие в формулу параметры должны быть расшифрованы. Расшифровку приводят один раз, когда параметр встречается впервые. Выполнение формул в виде рисунков не допускается.

Список литературы должен быть не менее 6 источников. Ссылки на работы авторов должны занимать не более 50% списка литературы. Оформляется строго по ГОСТ Р 7.0.5-2008, выравнивание по ширине.

Помимо списка литературы, приводится также транслитерированный список литературы на кириллице и перевод названия публикации на английский.

После списка литературы и ее транслитерированного списка необходимо вставить перевод на английский язык названия статьи, фамилии и инициалы автора(ов), сведения о них, название места работы/учебы, аннотации и ключевых слов. Для англоязычных статей делается перевод на русский язык.

Молекулярно-генетическая идентификация гена *Rvi6* устойчивости к парше у сортов яблони селекции ГБУ СО НИИ «Жигулевские сады»

УДК 634.11:632.4.01/.08

DOI: 10.32935/2221-7312-2026-69-3-32-36

М. И. Дулов¹ (д.с.-х.н.р), И. Н. Шамшин² (к.б.н.)¹ГБУ СО НИИ «Жигулевские сады»,²Мичуринский государственный аграрный университет,
dulov-tehfak@mail.ru

Выращивание сортов яблони со стабильной устойчивостью к парше позволяет значительно ограничить или полностью исключить применение фунгицидов. В селекционных программах по созданию иммунных к парше сортов яблони наибольшее внимание уделяется гену *Rvi6* (*Vf*), контролирующему устойчивость к пяти расам патогена, включая самую агрессивную пятую. Цель исследований – провести молекулярно-генетический анализ сортов яблони селекции

ГБУ СО НИИ «Жигулевские сады» на наличие в геномном типе целевых аллелей гена *Rvi6* (*Vf*) устойчивости к парше.

Исследования проводили в лаборатории молекулярно-генетического анализа плодовых растений Мичуринского государственного аграрного университета с использованием ДНК-маркера *VfC*. Объектом исследований служили семь сортов яблони осеннего и 18 сортов зимнего срока созревания плодов селекции ГБУ СО НИИ «Жигулевские сады». Установлено, что в геномном типе анализируемых сортов яблони ген *Rvi6* устойчивости к парше не обнаружен. Целесообразным является проведение дополнительных исследований с целью выявления источников генов устойчивости к парше у созданных в последние годы отборных и элитных форм, а также у культурных сортов отечественной и зарубежной селекции, выращиваемых на территории Средневолжского и других регионов страны, которые обладают достаточной зимостойкостью и могут быть использованы в качестве исходных форм при создании сортов нового поколения с иммунитетом к парше и повышенной адаптивностью к абиотическим и биотическим стресс-факторам.

Ключевые слова: яблоня, сорт, парша, ген, ДНК-маркер, *VfC*.

Введение

При возделывании яблони одним из наиболее распространенных и вредоносных грибковых заболеваний растений данной культуры является парша [2]. Парша яблони (возбудитель *Venturia inaequalis*) развивается в течение всего вегетационного периода и чаще всего поражает листья, цветки и плоды. Поражение плодов паршой может быть причиной возникновения вторичных микробиологических заболеваний, в основном плодовой гнили. На восприимчивых к парше сортах яблони потери урожая могут достигать 70 %.

С паршой можно бороться химическими средствами, однако применение фунгицидов связано со значительными материальными затратами и, кроме того, наносит вред окружающей среде. Выращивание высокопродуктивных сортов яблони с высоким качеством плодов со стабильной устойчивостью к парше на олиго- и дигенной основе позволяет значительно ограничить или полностью исключить применение фунгицидов, что крайне важно как для здоровья человека, так и для охраны окружающей среды [4, 7, 12]. В связи с этим, создание сортов яблони, обладающих на генетическом уровне долговременной и стабильной устойчивостью к парше, является приоритетной задачей в современной селекции [13].

В настоящее время выявлено более 20 основных генов устойчивости к парше (возбудитель *Venturia*

inaequalis) у различных сортов яблони и нескольких диких сородичей [15]. В России в селекционных программах по созданию иммунных к парше сортов яблони наибольшее внимание уделяется гену *Rvi6* (*Vf*), контролирующему устойчивость к пяти расам патогена, включая самую агрессивную пятую [3]. Возбудитель болезни проникает в лист, но ген *Rvi6* заставляет зараженные клетки быстро отмирать.

Цель исследований – провести молекулярно-генетический анализ сортов яблони селекции ГБУ СО НИИ «Жигулевские сады» на наличие в геномном типе целевых аллелей гена *Rvi6* (*Vf*) устойчивости к парше.

Материал и методы исследования

Исследования проводили в лаборатории молекулярно-генетического анализа плодовых растений Мичуринского государственного аграрного университета. Объектом исследований служили 7 сортов яблони осеннего и 18 сортов зимнего срока созревания плодов селекции ГБУ СО НИИ «Жигулевские сады». Выделение ДНК проводили из молодых листьев с помощью СТАВ-метода [14] с модификациями. Отбор образцов проводили с одного дерева. Для обнаружения гена *Rvi6* (*Vf*) устойчивости к парше использовали ДНК-маркер *VfC*. Были использованы следующие пары праймеров: *VfC1F* (5'GGTTTCCAAAGTCCAATTCC3') и *VfC2* (5'CGTTAGCATTTTGAGTTGAC3').

Амплификацию проводили в приборе SimpliAmp производства «Applied Biosystems» (США). Реакционная смесь для ПЦР объемом 25 мкл содержала 1 мкл геномного ДНК (концентрация 10 нг/мкл), 0,5 мкл прямого и обратного праймера (концентрация 10 пмоль/мкл), 5 мкл ПЦР-микса (MasDD TaqMIX-2025) производства ЗАО «Диалат Лтд» (Россия), 18 мкл деионизированной воды. Режим амплификации был следующим: 95°C – 4 мин; 30 циклов: 95°C – 1 мин, 58°C – 1 мин, 72°C – 1 мин; 72°C – 7 мин.

Для определения размера фрагментов использован маркер молекулярного веса GeneRuler 100 пн (Thermo Fisher Scientific, США). Продукты амплификации разделяли путем электрофореза в 2% агарозном геле, окрашенном бромистым этидием. После электрофореза гель анализировали в ультрафиолетовом свете с использованием трансиллюминатора, его изображение получали с помощью цифровой фотокамеры.

Результаты исследования и их обсуждение

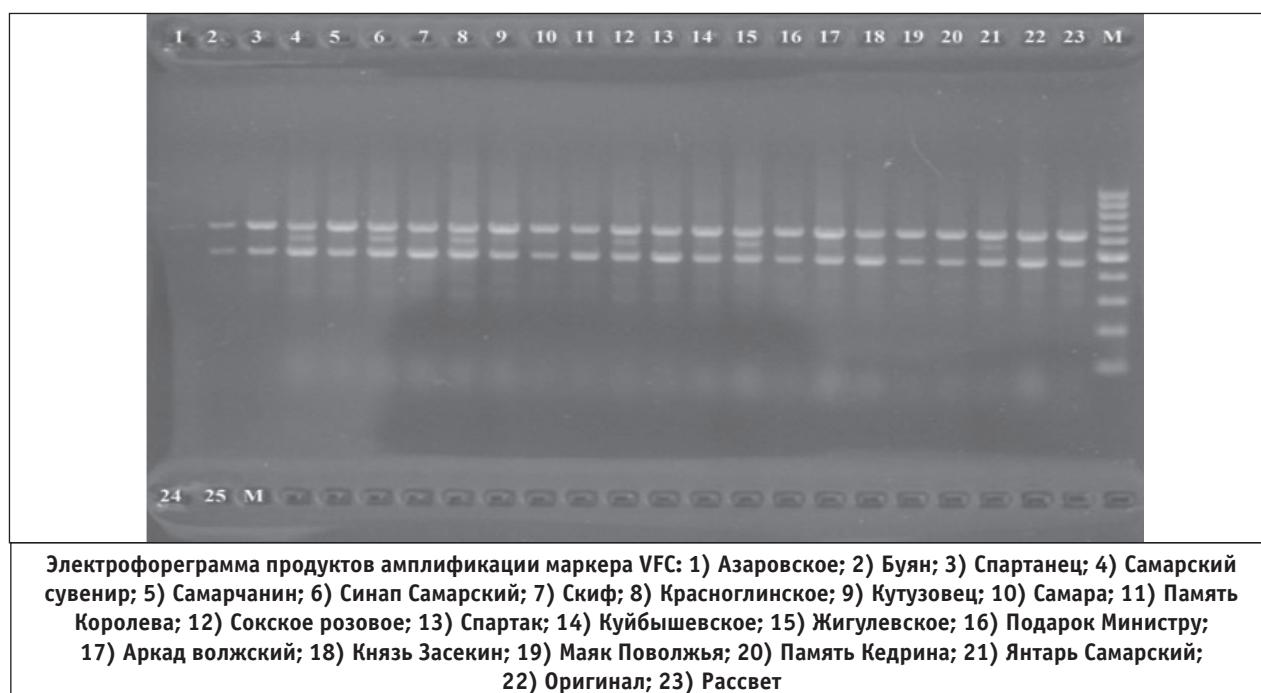
За последние пять лет в России результаты молекулярно-генетических исследований по оценке созданных сортов и выделению новых генотипов яблони, обладающих иммунитетом к парше, опубликовали М. А. Должикова, Т. В. Янчук, А. М. Галашева и др. [1], Н. Н. Савельева, А. Н. Юшков, А. С. Земисов и др. [5], И. И. Супрун, Е. А. Егоров, А. И. Насонов и др. [7], Е. В. Ульяновская, Е. А. Чернуцкая, И. М. Балапанов, С. В. Токмаков [9], Е. В. Ульяновская, Е. А. Чернуцкая, И. М. Балапанов, И. В. Степанов [10], И. Н. Шамшин, Д. Д. Тележинский, А. В. Шлявас [11] и другие ученые.

По данным Е. Н. Седова, Т. В. Янчук, С. А. Корнеевой [6] коллективом ученых ВНИИСПК создано 25 иммунных к парше сортов яблони, в том числе 15 диплоидных, 6 триплоидных и 4 диплоидных колоновидных. К лучшим сортам яблони, обладающим иммунитетом к парше, с летним сроком созревания плодов относятся сорта Масловское и Яблочный Спас, осенним — Солнышко, зимним — Рождественское и Свежесть. Для юга России перспективными иммунными к парше яблони осеннего срока созревания плодов Е. В. Ульяновская [8] считает сорта Кармен, Джин, Талисман и Василиса, зимнего срока — Ноктюрн, Марго, Орфей, Гранатовое, Ника и Азимут. Среди сортов яблони, созданных на Свердловской селекционной станции садоводства, иммунными к парше являются сорта Первоуральская, Аксена и Благая Весть [11].

В наших опытах для всех исследуемых сортов яблони осеннего и зимнего сроков созревания плодов селекции ГБУ СО НИИ «Жигулевские сады» при идентификации гена *Rvi6* устойчивости к парше получены четкие результаты электрофоретического разделения продуктов ПЦР (рисунок).

На электрофореграмме маркер *VfC* представлен продуктами размером 286, 484 и 646 пн. Фрагменты размером 646 и 484 пн амплифицируются как у устойчивых, так и у восприимчивых генотипов яблони. Фрагмент размером 286 пн характерен только для генотипов иммунных к парше по гену *Rvi6*.

У анализируемых семь сортов яблони осеннего и 18 сортов зимнего сроков созревания плодов, созданных в ГБУ СО НИИ «Жигулевские сады», фрагмент размером 286 пн ДНК-маркера *VfC* не обнаружен (см. таблицу).



Результаты идентификации сортов яблони селекции ГБУ СО НИИ «Жигулевские сады» с маркером VFC устойчивости к парше				
Сорт	Происхождение	Размер амплифицированного фрагмента, пн		
		646	484	286
Осенний срок созревания				
Аркад волжский	Кутузовец × Память Мичурина	+	+	–
Буян	Кутузовец × Лобо	+	+	–
Волжский шафран	Антоновка шафранная × Пепин лондонский	+	+	–
Жигулевское	Боровинка × Вагнера призовое	+	+	–
Самара	Спартак × Голден Делишес Спур	+	+	–
Сокское розовое	Позднее сладкое × Память Мичурина	+	+	–
Спартак	Шаропай × св. оп.	+	+	–
Зимний срок созревания				
Азаровское	Кутузовец × Память Мичурина	+	+	–
Данко	Куйбышевское × Лобо	+	+	–
Князь Засекин	Кутузовец × Вайнспур Делишес	+	+	–
Красноглинское	Позднее сладкое × Память Мичурина	+	+	–
Куйбышевское	Антоновка шафранная × Пепин лондонский	+	+	–
Кутузовец	Скрыжапель × Ренет Симиренко	+	+	–
Маяк Поволжья	Антоновка × Лобо	+	+	–
Оригинал	Кутузовец × Орлик	+	+	–
Память Кедрина	Кутузовец × Орлик	+	+	–
Память Королева	Куйбышевское × Лобо	+	+	–
Подарок министру	Кутузовец × Память Мичурина	+	+	–
Рассвет	Кутузовец × Память Мичурина	+	+	–
Самарский сувенир	Кутузовец × Память Мичурина	+	+	–
Самарчанин	(5-10-3 × 4-2-13-28-1) × Орлик	+	+	–
Синап самарский	Жигулевское × Северный синап	+	+	–
Спартанец	Позднее сладкое × Спартак	+	+	–
Скиф	Спартак × Кубань спур	+	+	–
Янтарь самарский	Скрыжапель красный × Корей	+	+	–

« + » – наличие фрагмента; « – » – отсутствие фрагмента.

«+» – наличие фрагмента; «–» – отсутствие фрагмента.

Следовательно, ген Rvi6 устойчивости к парше у данных сортов яблони отсутствует.

Оценка родословных показала, что при создании изучаемых сортов яблони осеннего срока созревания плодов в качестве родительских форм использованы 30,8% генотипов, полученных до начала XX века и 69,2% — в период до 1930-х гг. Сорта зимнего срока созревания получены с участием исходных родительских форм, среди которых 13,9% были созданы до начала XX века, 69,4% в первой половине XX века, и только 16,7% в 1950–1970-х гг.

Целесообразно провести скрининг новых, перспективных отборных и элитных форм яблони, созданных в институте в последние годы на наличие в генотипе аллеля гена Rvi6 (Vf) размером 286 пн ДНК-маркера VFC. Актуальным является также проведение молекулярно-генетических исследований по определению гомозиготности гена Rvi6 (Vf) у иммунных сортов яблони селекции других научных организаций для подбора исходных родительских форм и применения их в дальнейшей селекционной работе по созданию для условий Поволжья сортов яблони нового поколения,

обладающих необходимыми хозяйственно-ценными признаками с иммунитетом к парше и адаптивностью к стрессовым абиотическим факторам окружающей среды.

Выводы

В генотипе анализируемых семи сортов яблони осеннего и 18 сортов зимнего сроков созревания плодов, созданных в ГБУ СО НИИ «Жигулевские сады», ген Rvi6 устойчивости к парше не обнаружен. Целесообразным является проведение дополнительных исследований с целью выявления источников генов устойчивости к парше у созданных в последние годы отборных и элитных форм, а также у культурных сортов отечественной и зарубежной селекции, выращиваемых на территории Средневолжского и других регионов страны, которые обладают достаточной зимостойкостью и могут быть использованы в качестве исходных форм при создании сортов нового поколения с иммунитетом к парше и повышенной адаптивностью к абиотическим и биотическим стресс-факторам.

Литература

1. Должикова, М. А. Поражение паршой (*Venturia inaequalis* (Cooke) G. Winter) яблони (*Malus domestica* Borkh.) некоторых сортов с геном Vf (Rvi 6) на территории Орловской области / М. А. Должикова, Т. В. Янчук, А. М. Галашева [и др.] // Аграрный вестник Урала. – 2024. – Т. 24, № 11. – С. 1396-1405.
2. Дулов, М. И. Применение молекулярных маркеров при создании сортов яблони с устойчивостью к парше / М. И. Дулов // Инновационное развитие: потенциал науки и современного образования : монография. – Пенза : «Наука и Просвещение», 2020. – С. 46-61.
3. Дулов, М. И. ДНК-маркирование при создании сортов яблони со стабильной устойчивостью к парше / М. И. Дулов // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 4(52). – С. 94-99.
4. Красова, Н. Г. Оценка исходного материала генофонда яблони по устойчивости к парше / Н. Г. Красова, А. В. Пикунова, А. М. Галашева // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2020. – № 6. – С. 49-54.
5. Савельева, Н. Н. Обеспечение стабильности устойчивости генотипов яблони к грибу *Venturia inaequalis* (Cooke) Wint. / Н. Н. Савельева, А. Н. Юшков, А. С. Земисов [и др.] // Биосфера. – 2022. – Т. 14, № 4. – С. 384-386.
6. Седов, Е. Н. Новые диплоидные, триплоидные, иммунные к парше и колоновидные сорта яблони в совершенствовании сортимента / Е. Н. Седов, Т. В. Янчук, С. А. Корнеева // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2022. – № 1. – С. 25-31.
7. Супрун, И. И. Маркер-опосредованный отбор в создании селекционных образцов и комплексных доноров яблони с устойчивостью к парше и повышенным потенциалом лежкоспособности плодов / И. И. Супрун, Е. А. Егоров, А. И. Насонов [и др.] // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2023. – Т. 184, № 3. – С. 135-145.
8. Ульяновская, Е. В. Перспективные иммунные к парше сорта яблони для Юга России / Е. В. Ульяновская // АгроФорум. – 2022. – № 2. – С. 34-37.
9. Ульяновская, Е. В. Оценка аллельного полиморфизма генов устойчивости яблони к парше / Е. В. Ульяновская, Е. А. Чернуцкая, И. М. Балапанов, С. В. Токмаков // Аграрный научный журнал. – 2023. – № 9. – С. 46-51.
10. Ульяновская, Е. В. Маркерный отбор гомозиготных по гену Rvi6 устойчивости к *Venturia inaequalis* (Cooke) Wint. Гибридных форм яблони / Е. В. Ульяновская, Е. А. Чернуцкая, И. М. Балапанов, И. В. Степанов // Плодоводство и виноградарство Юга России. – 2023. – № 82(4). – С. 1-11.
11. Шамшин, И. Н. Анализ генов устойчивости к парше и бактериальному ожогу у сортов яблони селекции Свердловской селекционной станции садоводства с использованием молекулярных маркеров / И. Н. Шамшин, Д. Д. Тележинский, А. В. Шлявас // Биотехнология и селекция растений. – 2025. – Т. 8, № 2. – С. 38-47.
12. Шлявас, А. В. Изучение устойчивости сортов народной селекции к парше в условиях Северо-Запада России / А. В. Шлявас, А. А. Харченко, Е. Г. Худоногова // Вестник ИРГСА. – 2019. – № 94. – С. 62-71.
13. Юшков, А. Н. Новые сорта яблони для современного садоводства / А. Н. Юшков, Н. Н. Савельева, А. С. Земисов // Актуальные проблемы общества, экономики и права в контексте глобальных вызовов : Сборник материалов XIII Международной научно-практической конференции, Москва, 07 сентября 2022 года. – Санкт-Петербург: Печатный цех, 2022. – С. 135-139.
14. Doyle, J. J. Isolation of Plant DNA from Fresh Tissue / J. J. Doyle, J. L. Doyle // Focus. – 1990. – Vol. 12 (1). – P. 13-15.
15. Khajuria, Y. Genetics of resistance in apple against *Venturia inaequalis* (Wint.) Cke / Y. P. Khajuria, S. Kaul, M. K. Dhar, A. A. Wani // Tree Genetics & Genomes. – 2018. – Vol. 14, No. 2. – P. 16.

References

1. Dolzhikova, M. A. Scab (*Venturia inaequalis* (Cooke) G. Winter) infection in apple (*Malus domestica* Borkh.) varieties with the Vf (Rvi6) gene in the Oryol Region / M. A. Dolzhikova, T. V. Yanchuk, A. M. Galasheva [et al.] // Agrarian Bulletin of the Urals. – 2024. – Vol. 24, No. 11. – P. 1396–1405.
2. Dulov, M. I. The Use of Molecular Markers in Developing Apple Varieties Resistant to Scab / M. I. Dulov // Innovative Development: the Potential of Science and Modern Education: monograph. – Penza: "Science and Education", 2020. – P. 46–61.
3. Dulov, M. I. DNA-marking in the development of apple varieties with stable resistance to scab / M. I. Dulov // Vestnik Ulyanovsk State Agricultural Academy. – 2020. – No. 4(52). – P. 94-99.
4. Krasova, N. G. Assessment of apple tree gene pool material for resistance to scab / N. G. Krasova, A. V. Pikunova, A. M. Galasheva // Vestnik Rossiyskoy sel'skokhozyaystvennoy nauki. – 2020. – No. 6. – P. 49–54.
5. Savelyeva, N. N. Ensuring the resistance of apple genotypes to the fungus *Venturia inaequalis* (Cooke) / N. N. Savelyeva, A. N. Yushkov, A. S. Zemisov [et al.] // Biosphere. – 2022. – Vol. 14, No. 4. – P. 384–386.
6. Sedov, E. N. New diploid, triploid, scab-resistant, and columnar apple varieties in the improvement of the assortment / E. N. Sedov, T. V. Yanchuk, S. A. Korneeva // Vestnik Rossiyskoy sel'skokhozyaystvennoy nauki. – 2022. – No. 1. – P. 25–31.
7. Suprun, I. I. Marker-mediated selection in the creation of breeding samples and complex donors of apple trees with scab resistance and increased fruit storage potential / I. I. Suprun, E. A. Egorov, A. I. Nasonov [et al.] // Proceedings on applied Botany, genetics and breeding. – 2023. – Vol. 184, No. 3. – P. 135-145.
8. Ulianovskaya, E. V. Promising scab-immune apple varieties for the South of Russia / E. V. Ulianovskaya // AgroForum. – 2022. – No. 2. – P. 34-37.
9. Ulianovskaya, E. V. Evaluation of the allelic polymorphism of apple scab resistance genes / E. V. Ulianovskaya, E. A. Chernutskaya, I. M. Balapanov, S. V. Tokmakov // Agrarian Scientific Journal. – 2023. – No. 9. – P. 46-51.

10. Ulianovskaya, E. V. Marker selection of apple hybrid forms homozygous for the Rvi6 gene for resistance to *Venturia inaequalis* (Cooke) Wint. / E. V. Ulianovskaya, E. A. Chernutskaya, I. M. Balapanov, I. V. Stepanov // Fruit Growing and Viticulture in the South of Russia. – 2023. – No. 82(4). – P. 1–11.
11. Shamshin, I. N. Analysis of genes for resistance to scab and bacterial burn in apple varieties of the Sverdlovsk horticulture breeding Station using molecular markers / I. N. Shamshin, D. D. Telozhinsky, A.V. Shlyavas // Biotechnology and plant breeding. – 2025. – Vol. 8, No. 2. – P. 38–47.
12. Shlyavas, A.V. Studying the resistance of varieties of folk breeding to scab in the conditions of the North-West of Russia / A.V. Shlyavas, A. A. Kharchenko, E. G. Khudonogova // Vestnik IrGSHA. – 2019. – No. 94. – P. 62–71.
13. Yushkov, A. N. New apple varieties for modern horticulture / A. N. Yushkov, N. N. Savelieva, A. S. Zemisev // Current problems of society, economy and law in the context of global challenges: Collection of materials of the XIII International Scientific and Practical Conference, Moscow, September 7, 2022. – Saint Petersburg: Printing Workshop, 2022. – P. 135–139.
14. Doyle, J. J. Isolation of Plant DNA from Fresh Tissue / J. J. Doyle, J. L. Doyle // Focus. – 1990. – Vol. 12 (1). – P. 13–15.
15. Khajuria, Y. Genetics of resistance in apple against *Venturia inaequalis* (Wint.) Cke / Y. P. Khajuria, S. Kaul, M. K. Dhar, A. A. Wani // Tree Genetics & Genomes. – 2018. – Vol. 14, No. 2. – P. 16.

M. I. Dulov¹, I. N. Shamshin²

¹GBU SB Research Institute «Zhiguli gardens»,

² Michurinsky State Agrarian University
dulov-tehfak@mail.ru

MOLECULAR GENETIC IDENTIFICATION OF THE RVI6 GENE OF SCAB RESISTANCE IN APPLE VARIETIES SELECTED BY GBU SB SCIENTIFIC RESEARCH INSTITUTE «ZHIGULI GARDENS»

The cultivation of apple varieties with stable resistance to scab can significantly limit or completely eliminate the use of fungicides. In breeding programs to create scab-resistant apple varieties, the greatest attention is paid to the Rvi6 (Vf) gene, which controls resistance to five races of the pathogen, including the most aggressive fifth. The purpose of the research was to conduct a molecular genetic analysis of apple varieties selected by GBU SB Research Institute «Zhiguli Gardens» for the presence of target alleles of the Rvi6 (Vf) scab resistance gene in the genotype. The research was carried out in the laboratory of molecular genetic analysis of fruit plants of the Michurinsky State Agrarian University using the VfC DNA marker. The object of research was 7 varieties of autumn apple trees and 18 varieties of winter ripening fruits of the selection of GBU SB Research Institute «Zhiguli gardens». It was found that the Rvi6 scab resistance gene was not detected in the genotype of the analyzed apple varieties. It is advisable to conduct additional research in order to identify the sources of scab resistance genes in selected and elite forms created in recent years, as well as in cultivated varieties of domestic and foreign breeding grown in the Middle Volga region and other regions of the country, which have sufficient winter hardiness and can be used as starting forms when creating new-generation varieties with immunity to scab and increased adaptability to abiotic and biotic stress factors.

Key words: apple tree, variety, scab, gene, DNA marker, VFC.

Идентификация гена количественного признака FBF7 у сортов яблони селекции ГБУ СО НИИ «Жигулевские сады», ассоциированного с устойчивостью к бактериальному ожогу

УДК 634.11:632.35

DOI: 10.32935/2221-7312-2026-69-3-37-41

М. И. Дулов¹ (д.с.–х.н.р), И. Н. Шамшин² (к.б.н.)¹ГБУ СО НИИ «Жигулевские сады»,²Мичуринский государственный аграрный университет,
dulov-tehfak@mail.ru

Наиболее вредоносным инфекционным заболеванием, наносящим значительный ущерб отрасли садоводства, является бактериальный ожог плодовых культур. Для создания устойчивых к заболеванию сортов яблони требуется поиск источников генов резистентности и вовлечение их в селекционную работу. Цель исследований – провести идентификацию гена количественного признака FBF7, ассоциированного с устойчивостью к бактериальному ожогу, у сортов яблони осеннего и зимнего срока созревания селекции ГБУ СО НИИ «Жигулевские сады». Исследования проводили в лаборатории молекулярно-генетического анализа плодовых растений ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ с использованием маркеров AE10-375 и GE-8019 QTL FBF7 устойчивости к бактериальному ожогу. Объектом исследований служили 7 сортов яблони осеннего и 18 сортов зимнего срока созревания плодов селекции ГБУ СО НИИ «Жигулевские сады». Установлено, что в генотипе у 80% анализируемых сортов присутствует хотя бы один маркер локуса FBF7, связанного с устойчивостью к бактериальному ожогу. Маркер AE10-375 идентифицирован у 10 сортов, маркер GE-8019 у 18 сортов, т.е. частота встречаемости маркера GE-8019 составляет в среднем 72%, что в 1,8 раза больше, чем маркера AE10-375. Наличие двух маркеров в одном генотипе отмечено у сортов Спартак, Самарский сувенир, Самарчанин, Скиф, Кутузовец, Самара, Спартак и Князь Засекин. Данные сорта яблони являются потенциальными источниками генов устойчивости к бактериальному ожогу и могут быть использованы в селекционной работе в качестве исходных форм при создании для условий Поволжья новых генотипов с повышенной адаптивностью к абиотическим и биотическим стресс-факторам.

Ключевые слова: яблоня, сорт, бактериальный ожог, QTL FBF7, ДНК-маркеры, GE-8019, AE10-375.

Введение

Выращивание яблони по интенсивным технологиям из-за высокой плотности расположения деревьев, как правило, приводит к большему распространению болезней в саду, которые являются серьезной причиной увеличения потерь количества и качества урожая плодов. Одним из наиболее вредоносных инфекционных заболеваний, наносящих значительный ущерб отрасли садоводства, является бактериальный ожог плодовых культур [2, 7]. Возбудитель бактериального ожога (*Erwinia amylovora* (Burrill) Winslow et al.), ограниченно распространенный карантинный организм для стран ЕАЭС [1].

Бактериальный ожог проявляется на цветках, побегах, ветвях и плодах. Цветки увядают и чернеют, листья свертываются, чернеют и остаются на ветвях, деревья имеют вид обожженных. На незрелых плодах появляются маслянистые красно-бурые или черно-бурые пятна, за короткое время охватывающие всю поверхность плода [13]. В сильно зараженных садах это инфекционное заболевание способно поразить до 50% насаждений. Из пораженных деревьев примерно 10–20% впоследствии полностью погибают в течение 1–2 лет [6]. Эффективных средств борьбы с

бактериальным ожогом разработано недостаточно. В большинстве случаев используются антибиотики. Однако в большинстве стран, в том числе и в России, их применение запрещено.

Наиболее предпочтительным способом борьбы с болезнью является возделывание устойчивых сортов яблони. На сегодняшний день выявлен ряд локусов (QTL, Quantitative Trait Loci), связанных с устойчивостью к бактериальному ожогу. Так, локус устойчивости FBF7 был картирован на хромосоме VII сорта яблони Fiesta [8]. Для идентификации локуса FBF7 разработаны SCAR-маркеры AE10-375 и GE-8019 [10].

Цель исследований — провести идентификацию гена количественного признака FBF7, ассоциированного с устойчивостью к бактериальному ожогу, у сортов яблони осеннего и зимнего срока созревания селекции ГБУ СО НИИ «Жигулевские сады».

Материал и методы исследования

Исследования проводили в лаборатории молекулярно-генетического анализа плодовых растений Мичуринского государственного аграрного университета с использованием молекулярных маркеров. Объектом исследований служили 7 сортов яблони осеннего и 18 сортов зимнего срока созревания плодов селекции ГБУ

Табл. 1. Маркеры и нуклеотидные последовательности пар праймеров, используемых в работе

Маркер	Последовательность (5'→3')	Размер фрагмента, пн	Температура отжига, °C
AE10-375	F CTAAGCGCACGTTCTCC R CTGAAGCGCATCATTTCTGATAG	375	55
GE-8019	F TTGAGACCGATTTTCGTGTG R TCTCTCCCAGAGCTTCATTGT	397	55

СО НИИ «Жигулевские сады». При создании сортов осеннего срока созревания в качестве родительских форм использованы 30,8% генотипов, полученных до начала XX века и 69,2% в период до 1930-х гг. Сорта зимнего срока созревания получены с участием исходных родительских форм, среди которых 13,9% были созданы до начала XX века, 69,4% в первой половине XX века и только 16,7% в 1950-1970-х гг. [4].

Выделение ДНК проводили из молодых листьев с помощью СТАВ-метода [9] с модификациями. Отбор образцов проводили с одного дерева. Для анализа QTL FBF7 устойчивости к бактериальному ожогу использовали маркеры AE10-375 и GE-8019 [10]. Для маркера AE10-375 характерно наличие фрагмента 375 пн, а для GE-8019 — фрагмента 397 пн. Праймеры синтезированы НПК «Синтол» (Россия). Последовательности пар праймеров и температуры отжига представлены в табл. 1. Амплификацию проводили на приборе SimpliAmp производства «Applied Biosystems» (США). Реакционная смесь для ПЦР объемом 25 мкл содержала 1 мкл геномной ДНК (концентрация 10 нг/мкл), 0,5 мкл прямого и обратного праймеров (концентрация 10 пмоль/мкл), 5 мкл ПЦР-микса (MasDD TaqMIX-2025) производства ЗАО «Диалат Атд» (Россия), 18 мкл деионизированной воды.

Для определения размера фрагментов использован маркер молекулярного веса GeneRuler 100 пн (Thermo Fisher Scientific, США). Продукты амплификации разделяли путем электрофореза в 2% агарозном геле, окрашенном бромистым этидием. После электрофореза гель анализировали в ультрафиолетовом свете с использованием трансиллюминатора, его изображение получали с помощью цифровой фотокамеры. В качестве положительного контроля устойчивости к возбудителю бактериального ожога плодовых культур *Erwinia amylovora* использовали сорт яблони «Ремо» из коллекции Мичуринского государственного аграрного университета, у которого ранее было идентифицировано наличие маркеров AE10-375 и GE-8019 [3].

Результаты исследования и их обсуждение

Локус FBF7 устойчивости яблони к бактериальному ожогу детерминирует 34,3–46,6% фенотипического варьирования признака устойчивости [8]. О наличии в генотипе яблони QTL FBF7 свидетельствует присутствие маркеров GE-8019 (фрагмент 375 пн) и AE10-375 (фрагмент 397 пн), которые фланкируют участок рас-

положения локуса на хромосоме VII. Генотипы яблони, которые несут одновременно оба маркера, более устойчивы к бактериальному ожогу.

Исследованиями российских и зарубежных ученых выявлен межвидовой и внутривидовой полиморфизм в генотипах рода *Malus* по локусу резистентности к бактериальному ожогу и отдельным ДНК-маркерам, сцепленным с QTL FBF7. Например, у 23 диких и двух культурных видов яблони генетической коллекции ФНЦ им. И.В. Мичурина маркер GE-8019 идентифицирован у 50% генотипов, маркер AE10-375 у 76% генотипов. Комбинация из двух маркеров выявлена у 42% генотипов [5].

На наибольшую встречаемость в генотипах яблони маркера AE10-375 указывают и другие исследователи. Из анализируемого 21 сорта яблони селекции Свердловской опытной станции маркер AE10-375 идентифицирован у 12 генотипов, маркер GE-8019 у 10 генотипов, т.е. частота встречаемости данных маркеров составила соответственно 57,1 и 47,6%. Присутствие обоих маркеров GE-8019 и AE10-375 выявлено у 23,8% генотипов [7]. Исследователи 31 сорта яблони казахстанской селекции выявили, что маркер AE10-375 присутствует у 11 генотипов (35,5%), а маркер GE-8019 у шести генотипов (19,4%). Сочетание обоих маркеров в одном генотипе отмечено только у двух сортов или у 6,5% анализируемых образцов [11].

Для всех исследуемых сортов яблони осеннего и зимнего сроков созревания плодов селекции ГБУ СО НИИ «Жигулевские сады» нами получены четкие воспроизводимые фрагменты продуктов ПЦР. Среди проанализированных образцов отмечены генотипы, у которых идентифицированы как один, так и оба маркера. Хотя бы один из двух изучаемых маркеров присутствует в генотипе 20 сортов или у 80% анализируемых образцов (табл. 2). Маркер AE10-375 идентифицирован у 10 сортов: Спартанец, Самарский сувенир, Самарчанин, Синап Самарский, Скиф, Кутузовец, Самара, Спартак, Князь Засекин и Янтарь Самарский. В случае маркера GE-8019 показано, что у 18 из 25 образцов обнаружен фрагмент ожидаемого размера. Его встречаемость у сортов яблони селекции НИИ «Жигулевские сады» составляет в среднем 72%, что в 1,8 раза больше, чем маркера AE10-375.

Присутствие в генотипе яблони только одного маркера GE-8019 или AE10-375 не может указывать на наличие признака устойчивости к бактериальному ожогу у растения [12]. Считается, что генотипы яблони

Табл. 2. Результаты идентификации QTL FBF7 у сортов яблони селекции ГБУ СО НИИ «Жигулевские сады»

Табл. 2. Результаты идентификации QTL FBF7 у сортов яблони селекции ГБУ СО НИИ «Жигулевские сады»			
Сорт	Происхождение	QTL FBF7	
		AE10-375	GE-0819
Осенний срок созревания			
Аркад волжский	Кутузовец × Память Мичурина	–	+
Буян	Кутузовец × Лобо	–	+
Волжский шафран	Антоновка шафранная × Пепин лондонский	–	+
Жигулевское	Боровинка × Вагнера призовое	–	+
Самара	Спартак × Голден Делишес Спур	+	+
Сокское розовое	Позднее сладкое × Память Мичурина	–	+
Спартак	Шаропай × св. оп.	+	+
Зимний срок созревания			
Азаровское	Кутузовец × Память Мичурина	–	+
Данко	Куйбышевское × Лобо	–	+
Князь Засекин	Кутузовец × Вайнспур Делишес	+	+
Красноглинское	Позднее сладкое × Память Мичурина	–	+
Куйбышевское	Антоновка шафранная × Пепин лондонский	–	–
Кутузовец	Скрыжапель × Ренет Симиренко	+	+
Маяк Поволжья	Антоновка × Лобо	–	–
Оригинал	Кутузовец × Орлик	–	+
Память Кедрина	Кутузовец × Орлик	–	–
Память Королева	Куйбышевское × Лобо	–	–
Подарок министру	Кутузовец × Память Мичурина	–	–
Рассвет	Кутузовец × Память Мичурина	–	+
Самарский сувенир	Кутузовец × Память Мичурина	+	+
Самарчанин	(5-10-3 × 4-2-13-28-1) × Орлик	+	+
Синап самарский	Жигулевское × Северный синап	+	–
Спартанец	Позднее сладкое × Спартак	+	+
Скиф	Спартак × Кубань спур	+	+
Янтарь самарский	Скрыжапель красный × Корей	+	–
Remo	Ренет Симиренко × Кокс Оранж Пепин	+	+

ни, которые несут оба маркера, можно рекомендовать в качестве потенциальных источников устойчивости к бактериальному ожогу [8]. Среди анализируемых сортов яблони селекции ГБУ СО НИИ «Жигулевские сады» сочетание двух маркеров в одном генотипе присутствует у 8 из 25 сортов: Спартанец, Самарский сувенир, Самарчанин, Скиф, Кутузовец, Самара, Спартак и Князь Засекин. Данные сорта яблони являются потенциально устойчивыми к бактериальному ожогу и могут быть использованы в селекционной работе как исходные формы в качестве генетических источников устойчивости к этому инфекционному заболеванию.

Для анализа встречаемости QTL FBF7 у изучаемых сортов яблони была проведена оценка их родословных. Анализ родословных показал, что маркер GE-8019 чаще всего встречается у сортов, полученных с использованием комбинации скрещивания Скрыжапель × Ренет Симиренко. Из 13 сортов, в происхождении которых отмечена данная комбинация, у 10 выявлен маркер. Исключение составляют сорта Рассвет Поволжья, Подарок министру и Память Кедрина, которые его не имеют. В то же время из восьми сортов, у которых идентифицировано два маркера локуса устойчивости к бактери-

альному ожогу, три имеют в своей родословной данную комбинацию. При этом сорт Кутузовец является первым поколением от скрещивания этих сортов. В остальных образцах с двумя маркерами также прослеживается зависимость наличия маркеров от происхождения сорта. Например, у сорта Спартак имеются оба маркера в генотипе, так же как и у всех производных от него — это сорта Самарчанин, Скиф и Самара.

Выводы

Молекулярно-генетический анализ сортов яблони осеннего и зимнего срока созревания селекции ГБУ СО НИИ «Жигулевские сады» с помощью SCAR-маркеров AE10-375 и GE-8019 показал, что в генотипе у 80,0 % анализируемых сортов присутствует хотя бы один маркер локуса FBF7, связанного с устойчивостью к бактериальному ожогу. Маркер AE10-375 идентифицирован у 10 сортов, маркер GE-8019 у 18 сортов, т.е. частота встречаемости маркера GE-8019 у анализируемых сортов яблони составляет в среднем 72%, что в 1,8 раза больше, чем маркера AE10-375. Наличие двух маркеров в одном генотипе отмечено у сортов Спартанец, Самарский сувенир, Самарчанин, Скиф,

Кутузовец, Самара, Спартак и Князь Засекин. Данные сорта яблони являются потенциальными источниками генов устойчивости к бактериальному ожогу и могут быть использованы в селекционной работе в качестве

исходных форм при создании для условий Поволжья новых генотипов с повышенной адаптивностью к абиотическим и биотическим стресс-факторам.

Литература

1. Бурнашев, М. Р. Анализ карантинного фитосанитарного состояния территории Российской Федерации за 2021-2023 гг. / М. Р. Бурнашев, В. А. Яковлева, А. Э. Нестеренкова // Защита и карантин растений. – 2025. – № 3. – С. 26-30.
2. Дренова, Н. В. Ожог плодовых культур в Российской Федерации и современные подходы к его диагностике / Н. В. Дренова // Плодоводство и ягодоводство России. – 2019. – Т. 58. – С. 131-137.
3. Дренова, Н. В. Устойчивость клоновых подвоев яблони к возбудителю бактериального ожога плодовых культур *Erwinia amylovora* / Н. В. Дренова, И. Н. Шамшин, М. Л. Дубровский [и др.] // Плодоводство и ягодоводство России. – 2024. – Т. 76. – С. 99-112.
4. Дулов, М. И. Молекулярно-генетический анализ сортов яблони селекции института «Жигулевские сады» по генам Md-ACS1 и Md-ACO1 биосинтеза этилена в плодах при созревании и их хранении / М. И. Дулов, И. Н. Шамшин // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2025. – Т. 10, № 2. – С. 11-18.
5. Лыжин, А. С. Встречаемость локуса устойчивости к бактериальному ожогу FBF7 у образцов диких видов яблони (*Malus Mill.*) / А. С. Лыжин, Н. Н. Савельева // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2023. – Т. 184, № 4. – С. 133-142.
6. Ходжаева, С. М. Бактериальный ожог плодовых деревьев в Узбекистане / С. М. Ходжаева, А. Г. Гузалова, Б. А. Хасанов // International Scientific and Practical Conference World science. – 2016. – Т. 2, № 5(9). – С. 5-9.
7. Шамшин, И. Н. Анализ генов устойчивости к парше и бактериальному ожогу у сортов яблони селекции Свердловской селекционной станции садоводства с использованием молекулярных маркеров / И. Н. Шамшин, Д. Д. Тележинский, А. В. Шлявас // Биотехнология и селекция растений. – 2025. – Т. 8, № 2. – С. 38-47.
8. Calenge, F. Identification of a major QTL together with several minor additive or epistatic QTLs for resistance to fire blight in apple in two related progenies / F. Calenge, D. Drouet, C. Denance C. [et al.] // Theoretical and Applied Genetics. – 2005. – Vol. 111(1). – P. 128-135.
9. Doyle, J. J. Isolation of Plant DNA from Fresh Tissue / J. J. Doyle, J. L. Doyle // Focus. – 1990. – Vol. 12 (1). – P. 13-15.
10. Khan, M. A. Development of molecular markers linked to the 'Fiesta' linkage group 7 major QTL for fire blight resistance and their application for marker-assisted selection / M. A. Khan, C.-E. Durel, B. Duffy [et al.] // Genome. – 2007. – Vol. 50(6). – P. 568-577.
11. Omasheva, M. Y. SSR genotyping of Kazakhstani apple varieties: identification of alleles associated with resistance to highly destructive pathogens / M. Y. Omasheva, A. S. Pozharskiy, A. D. Maulenbay [et al.] // Eurasian Journal of Applied Biotechnology. – 2016. – No. 2. – P. 46-58.
12. Peil, A. Comparative mapping of fire blight resistance in *Malus* / A. Peil, T. Wöhner, M.-V. Hanke [et al.] // Acta Horticulturae. – 2014. – Vol. 1956. – P. 47-51.
13. Sadanov, A. K. Fire blight of fruit crops / A. K. Саданов, Ж. Б. Сулейменова, Э. Т. Исмаилова [et al.] // Microbiology and Virology. – 2023. – No. 1(40). – P. 35-46.

References

1. Burnashev, M. R. Analysis of the quarantine phytosanitary state of the territory of the Russian Federation for 2021-2023 / M. R. Burnashev, V. A. Yakovleva, A. E. Nesterenkova // Plant Protection and Quarantine. - 2025. - No. 3. - P. 26-30.
2. Drenova, N. V. Fruit burn in the Russian Federation and modern approaches to its diagnostics / N. V. Drenova // Fruit and berry growing in Russia. - 2019. - Vol. 58. - P. 131-137.
3. Drenova, N. V. Resistance of clonal apple rootstocks to the causative agent of bacterial blight of fruit crops *Erwinia amylovora* / N. V. Drenova, I. N. Shamshin, M. L. Dubrovsky [et al.] // Fruit and berry growing in Russia. - 2024. - Vol. 76. - P. 99-112.
4. Dulov, M. I. Molecular genetic analysis of apple varieties bred by the institute "Zhigulevskie gardens" by the MD-ACS1 and MD-ACO1 genes of ethylene biosynthesis in fruits during ripening and their storage / M. I. Dulov, I. N. Shamshin // Bulletin Samara State Agricultural Academy. – 2025. - Vol. 10, No. 2. - P. 11-18.
5. Lyzhin, A. S. Occurrence of the FBF7 fire blight resistance locus in wild apple species (*Malus Mill.*) samples / A. S. Lyzhin, N. N. Savelyeva // Works on applied botany, genetics and breeding. - 2023. - Vol. 184, No. 4. - P. 133-142.
6. Khodjaeva, S. M. Bacterial blight of fruit trees in Uzbekistan / S. M. Khodjaeva, A. G. Guzalova, B. A. Hasanov // International Scientific and Practical Conference World science. - 2016. - Vol. 2, No. 5 (9). - P. 5-9.
7. Shamshin, I. N. Analysis of genes for resistance to scab and fire blight in apple varieties bred at the Sverdlovsk Horticultural Breeding Station using molecular markers / I. N. Shamshin, D. D. Telezhinsky, A. V. Shlyavas // Biotechnology and plant breeding. - 2025. - Vol. 8, No. 2. - P. 38-47.
8. Calenge, F. Identification of a major QTL together with several minor additive or epistatic QTLs for resistance to fire blight in apple in two related progenies / F. Calenge, D. Drouet, C. Denance C. [et al.] // Theoretical and Applied Genetics. – 2005. – Vol. 111(1). – P. 128-135.

9. Doyle, J. J. Isolation of Plant DNA from Fresh Tissue / J. J. Doyle, J. L. Doyle // Focus. – 1990. – Vol. 12 (1). – P. 13-15.
10. Khan, M. A. Development of molecular markers linked to the 'Fiesta' linkage group 7 major QTL for fire blight resistance and their application for marker-assisted selection / M. A. Khan, C.-E. Durel, B. Duffy [et al.] // Genome. – 2007. – Vol. 50(6). – P. 568–577.
11. Omasheva, M. Y. SSR genotyping of Kazakhstani apple varieties: identification of alleles associated with resistance to highly destructive pathogens / M. Y. Omasheva, A. S. Pozharskiy, A. D. Maulenbay [et al.] // Eurasian Journal of Applied Biotechnology. – 2016. – No. 2. – P. 46-58.
12. Peil, A. Comparative mapping of fire blight resistance in Malus / A. Peil, T. Wöhner, M.-V. Hanke [et al.] // Acta Horticulturae. – 2014. – Vol. 1956. – P. 47-51.
13. Sadanov, A. K. Fire blight of fruit crops / A. K. Саданов, Ж. Б. Сулейменова, Э. Т. Исмаилова [et al.] // Microbiology and Virology. – 2023. – No. 1(40). – P. 35-46.

M. I. Dulov¹, I. N. Shamshin²

¹GBU SB Research Institute «Zhiguli gardens»,

² Michurinsky State Agrarian University

dulov-tehfak@mail.ru

IDENTIFICATION OF THE QUANTITATIVE TRAIT GENE FBF7 IN APPLE VARIETIES BRED AT THE STATE BUDGETARY SCIENTIFIC INSTITUTION OF THE SIBERIAN BRANCH OF THE RESEARCH INSTITUTE «ZHIGULEVSKIE GARDENS», ASSOCIATED WITH RESISTANCE TO FIRE BLIGHT

Fire blight of fruit crops is the most devastating infectious disease, causing significant damage to the horticultural industry. To develop apple varieties resistant to the disease, it is necessary to identify sources of resistance genes and incorporate them into breeding programs. The aim of this study was to identify the FBF7 quantitative trait gene, associated with resistance to fire blight, in autumn- and winter-ripening apple varieties bred at the Zhigulevskie Orchards Research Institute. The study was conducted in the Laboratory for Molecular Genetic Analysis of Fruit Plants at Michurinsky State Agrarian University using the AE10-375 and GE-8019 QTL FBF7 markers for resistance to fire blight. Seven autumn-ripening and 18 winter-ripening apple varieties bred at the Zhigulevskie Orchards Research Institute were studied. It was established that the genotype of 80.0% of the analyzed varieties contained at least one marker of the FBF7 locus, associated with resistance to fire blight. Marker AE10-375 was identified in 10 varieties, and marker GE-8019 in 18 varieties; i.e., the frequency of occurrence of marker GE-8019 was on average 72.0%, which is 1.8 times higher than that of marker AE10-375. The presence of two markers in a single genotype was noted in the varieties Spartanets, Samara Souvenir, Samarchanin, Skif, Kutuzovets, Samara, Spartak, and Knyaz Zasekin. These apple varieties are potential sources of fire blight resistance genes and can be used in breeding work as initial forms to create new genotypes with increased adaptability to abiotic and biotic stress factors for the conditions of the Volga region.

Key words: malus, sort, bacterial fire blight, QTL FBF7, DNA markers, GE-8019, AE10-375.

Исходный материал для селекции перца сладкого на повышенное содержание селена в плодах

УДК 631.527.12

DOI: 10.32935/2221-7312-2026-69-3-42-45

Н. В. Тютюма¹ (д.с.–х.н.), С. Т. Авдеева²¹Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН,²Астраханский государственный университет им. В.Н. Татищева,
pniiiaz@mail.ru

Современная селекция овощных культур активно развивается в направлении создания функциональных продуктов питания, способных компенсировать дефицит эссенциальных микроэлементов в рационе человека. Особое значение имеет селен — мощный антиоксидант, системный дефицит которого признан глобальной проблемой. Биофортификация перца сладкого (*Capsicum annuum* L.), обладающего высоким природным биохимическим потенциалом, выступает эффективным решением данной проблемы. Однако успех селекции на повышенное содержание микроэлементов лимитирован отсутствием детально изученного исходного материала. Цель исследования заключалась в комплексной оценке коллекции сортообразцов перца сладкого различного происхождения и выделении перспективных генотипов для селекции на повышенную аккумуляцию селена в плодах в специфических условиях Астраханской области. Экспериментальная работа выполнена в 2023–2025 гг. на базе Прикаспийского аграрного федерального научного центра РАН. Полевой однофакторный опыт по изучению 31 сортообразца закладывали в четырехкратной повторности с систематическим размещением делянок, общей площадью 1,24 га и густотой посадки 60 тыс. растений/га. Оценку проводили по общепринятым методикам полевого опыта и методическим указаниям ВИР. Анализ содержания селена осуществляли дифференцированно в фазы технической и полной спелости плодов. В ходе скрининга выявлена существенная генотипическая вариабельность признака. Среднее содержание селена в фазу технической спелости составило 160,45 мг/кг, увеличиваясь в полную спелость до 179,06 мг/кг сухой массы. Обнаружен устойчивый восходящий тренд накопления элемента при созревании плодов, носящий строго индивидуальный характер: абсолютный прирост варьировал от 16 до 21 мг/кг в зависимости от генотипа. Относительно стандарта Новичок ВНИИОБ выделено 8 высокоаккумулирующих образцов. В качестве приоритетных доноров целевого признака для программ качественной селекции рекомендованы сортообразцы Новогогошары, Новогогошары оранжевый, Карпуз и Рубиновый, сочетающие максимальные абсолютные показатели содержания селена с высокой интенсивностью его финальной биоаккумуляции.

Ключевые слова: перец сладкий, селен, техническая спелость, полная спелость, селекция, исходный материал, биофортификация.

Введение

В современной сельскохозяйственной науке и практике все большее значение приобретает концепция функционального питания, направленная на создание продуктов с повышенным содержанием эссенциальных микроэлементов. Среди них особое место занимает селен — мощный антиоксидант, необходимый для нормального функционирования иммунной, эндокринной и сердечно-сосудистой систем человека. Дефицит селена в рационе признан глобальной проблемой, затрагивающей более миллиарда человек во всем мире, что обусловлено его низким содержанием в почвах многих регионов. Одним из наиболее эффективных и экологически безопасных путей решения этой проблемы является биофортификация — генетическое улучшение культурных растений с целью повышения их способности накапливать микроэлементы в товарной части урожая [2, 11].

Перец сладкий (*Capsicum annuum* L.) является одной из наиболее востребованных овощных культур мирового и отечественного растениеводства благодаря высокому биохимическому потенциалу, в частности, рекордному содержанию аскорбиновой кислоты, каротиноидов и фенольных соединений. Включение

перца сладкого в программы по биофортификации селеном представляет стратегический интерес, так как синергетический эффект сильных природных антиоксидантов (витаминов и селена) может существенно повысить диетическую ценность плодов. Однако успех селекционной работы напрямую зависит от наличия и разнообразия исходного материала, обладающего высокой генотипической изменчивостью по признаку аккумуляции микроэлементов [2, 10].

На сегодняшний день механизмы поглощения, транспорта и метаболизма селена в растениях изучены достаточно подробно, в основном на модельных объектах и культурах-гипераккумуляторах. В то же время вопросы генетического контроля и селекционной ценности коллекционных образцов перца сладкого по способности накапливать селен в плодах остаются малоизученными. Большинство существующих исследований сосредоточено на агрохимических методах обогащения (некорневые и корневые подкормки), тогда как генетическому скринингу коллекций генофонда уделяется недостаточно внимания. В связи с этим возникает острая необходимость оценки существующего исходного материала для выявления источников и доноров высокого содержания селена в плодах [3, 7, 8].

Цель настоящего исследования – провести комплексную оценку сортообразцов перца сладкого и выделить перспективный исходный материал для селекции на повышенное содержание селена в плодах.

Материал и методы исследования

Для выполнения поставленной цели в 2023–2025 гг. на базе Прикаспийского аграрного федерального научного центра РАН был заложен полевой опыт по изучению сортов и линий перца сладкого для выделения образцов по содержанию селена в плодах.

Наблюдения, учеты и отборы проводили согласно Методическим указаниям по селекции перца сладкого и баклажана для открытого и защищенного грунта, методики полевого опыта в овощеводстве, методики полевого опыта [1, 4, 5]. Опыт однофакторный, расположение делянок систематическое, повторность опыта четырехкратная. Общая площадь под опытом — 12400 м² (1,24 га). Густота посадки перца сладкого — 60 тыс./га. Под каждым вариантом опыта занято 125 м². Объектами исследований являлись сортообразцы перца сладкого.

Результаты исследования и их обсуждение

В ходе проведенных исследований в период с 2023 по 2025 гг. была выполнена комплексная оценка 31 сортообразца перца сладкого на предмет их способности к аккумуляции селена в плодах (см. таблицу). Анализ накопления микроэлемента проводился дифференцированно в две основные фазы спелости плодов — техническую и полную, поскольку биохимическая перестройка тканей в процессе созревания оказывает существенное влияние на минеральный профиль культуры [6, 11].

Сравнительный анализ полученных данных показал, что содержание селена в сухой массе плодов существенно варьирует в зависимости от генотипических особенностей изучаемого материала. В фазу технической спелости средний уровень накопления элемента по всей выборке составил 160,5 мг/кг, колеблясь от минимального значения 155 мг/кг у сортообразца Бублик до максимального — 167 мг/кг у образцов Новогогошары и Новогогошары оранжевый. Большинство изученных сортообразцов (более 70%) находилось в узком диапазоне варьирования от 158 до 163 мг/кг, что указывает на стабильный базовый уровень поглощения селена исследуемым генофондом в данных почвенно-климатических условиях.

При переходе плодов к фазе полной биологической спелости во всей изученной коллекции отмечен существенный восходящий тренд концентрации селена, при этом среднее значение по выборке увеличилось до 179,06 мг/кг. В этой фазе сохранились крайние точки распределения признака: минимальный показатель вновь отмечен у сортообразца Бублик (172 мг/кг), а максимальный — у образца Новогогошары (188 мг/кг).

Содержание селена в плодах сортообразцов перца сладкого в фазы технической и полной спелости, мг/кг сухой массы, среднее за 2023–2025 гг.

Образец	Техническая спелость плодов	Полная спелость плодов
Новичок ВНИИОБ (st)	161	180
Атомор	164	181
Классика	161	177
Мраморный	157	176
Малютка	160	179
Золотистая Малютка	160	177
Дар Каспия	158	177
Цыганский Барон	160	179
Спринтер	162	182
Людмила	159	176
Профессор Авдеев	162	181
Оранж Классик	160	179
Кирилл	156	173
Карапуз	163	183
Китайский фонарик	161	179
Колобок	161	179
Крепкий орешек	158	175
Лиза	163	182
Новогогошары	167	188
Новогогошары оранжевый	167	187
Рубиновый	163	183
Скороспелка	160	177
Ультраранний букетный	158	179
Язычок тёщи	157	177
Белозерка	160	179
Богатырь	161	180
Глоб	157	177
Бублик	155	172
Линия П1	160	179
Линия П2	161	179
Линия П3	162	179

Важной особенностью обновленного массива данных является индивидуальный характер динамики накопления селена у различных генотипов в процессе созревания плодов. Абсолютный прирост концентрации микроэлемента между фазами варьировал от 16 мг/кг (у сортообразца Классика) до 21 мг/кг (у образцов Новогогошары и Ультраранний букетный) при среднем значении 18,61 мг/кг. Столь существенные различия свидетельствуют о том, что интенсивность восходящего транспорта и последующего включения селена в органические комплексы в период финального созревания плодов детерминирована генетическими особенностями каждого конкретного сортообразца.

Для выделения перспективного исходного материала проведено сопоставление показателей коллекции с утвержденным сортом-стандартом – Новичок ВНИИОБ (st), содержание селена у которого составило 161 мг/кг в технической и 180 мг/кг в полной спелости. По

результатам данного анализа изученный материал был разделен на три селекционные группы:

Высокоаккумулирующие генотипы (превышающие стандарт). Наибольший интерес для селекции представляют 8 сортообразцов, которые стабильно превосходили контроль в обе фазы учета. Максимальный селекционный потенциал выявлен у образцов Новогогошары (+6 мг/кг в технической и +8 мг/кг в полной спелости относительно (st)) и Новогогошары оранжевый (+6 и +7 мг/кг соответственно). Высокую и стабильную способность к накоплению элемента также продемонстрировали образцы Атомор, Спринтер, Профессор Авдеев, Карапуз, Лиза и Рубиновый. Примечательно, что у образцов Новогогошары, Спринтер, Карапуз и Рубиновый высокая стартовая концентрация сочеталась с интенсивным финальным наливом плодов селена (прирост 20–21 мг/кг).

Генотипы на уровне стандарта. Полную идентичность контролю по абсолютному содержанию селена в обе фазы спелости проявил сорт Богатырь (161 и 180 мг/кг). Близкие к стандарту значения с минимальными отклонениями в пределах (мг/кг) показали образцы Классика, Малютка, Цыганский Барон, Оранжевый Классик, Китайский фонарик, Колобок, Белозерка, а также селекционные Линия П1, Линия П2 и Линия П3.

Низкоаккумулирующие генотипы (уступающие стандарту). Стабильно более низкие уровни накопления селена на всех этапах анализа зафиксированы у сортообразцов Бублик (уступал стандарту на 6–8 мг/кг), Кирилл, Мраморный, Людмила и Крепкий орешек. Сниженная концентрация элемента в плодах данных образцов может быть обусловлена либо ограничениями корневого поглощения, либо особенностями ксилемного транспорта.

Таким образом, оценка обновленного генофонда перца сладкого позволила установить существенную генотипическую дифференциацию не только по валовому содержанию селена в плодах, но и по скорости его аккумуляции в процессе созревания. В качестве приоритетных доноров признака высокого содержания селена для программ биофортификации выделены образцы

Новогогошары, Новогогошары оранжевый, Карапуз и Рубиновый, сочетающие максимальные абсолютные показатели с высокой интенсивностью накопления микроэлемента в фазу полной спелости.

Выводы

На основании результатов комплексной оценки 31 сортообразца перца сладкого (*Capsicum annuum* L.) по способности к аккумуляции селена в генеративных органах в течение вегетационных периодов 2023–2025 гг. можно сделать следующие выводы:

Выявлен устойчивый восходящий тренд накопления селена при переходе плодов от технической к полной биологической спелости у всех изученных образцов. Установлено, что динамика этого процесса носит строго индивидуальный характер: абсолютный прирост содержания элемента в фазу полного созревания варьировал в зависимости от генотипа в пределах от 16 мг/кг (сорт Классика) до 21 мг/кг (сорта Новогогошары и Ультранный букетный), что указывает на различную интенсивность восходящего ксилемного транспорта микроэлемента на финальных этапах онтогенеза плода.

Проведена скрининговая оценка коллекции относительно утвержденного сорта-стандарта Новичок ВНИИОБ (st). Выделена группа из 8 высокоаккумулирующих генотипов, стабильно превосходящих контроль в обе фазы хозяйственной спелости: Новогогошары, Новогогошары оранжевый, Атомор, Спринтер, Профессор Авдеев, Карапуз, Лиза и Рубиновый. Полную идентичность стандарту по уровню накопления селена продемонстрировал сорт Богатырь.

Определен перспективный исходный материал для приоритетных направлений селекции. Наибольшую селекционную ценность представляют сортообразцы Новогогошары, Новогогошары оранжевый, Карапуз и Рубиновый. Данные генотипы сочетают в себе максимальные абсолютные показатели содержания селена в плодах с высокой интенсивностью его биоаккумуляции (прирост 20–21 мг/кг) в фазу полной спелости, что позволяет рекомендовать их в качестве эффективных доноров целевого признака.

Литература

- Алпатьев, А. В. Методические указания по селекции перца сладкого и баклажана для открытого и защищенного грунта / А. В. Алпатьев, М. В. Ефимов, Н. С. Цыганок. – М. : ВНИИССОК, 1997. – 84 с.
- Голубкина, Н. А. Биофортификация овощных культур селеном: физиологические и селекционные аспекты / Н. А. Голубкина, Т. М. Середин, В. А. Кокорева // Овощи России. – 2021. – № 3. – С. 45–52.
- Демидов, Е. С. Скрининг коллекции генофонда перца сладкого (*Capsicum annuum* L.) по биохимическим показателям качества плодов / Е. С. Демидов, О. П. Бронич // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2023. – Т. 184, № 2. – С. 112–119.
- Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – 5-е изд., перераб. и доп. – М. : Альянс, 2011. – 351 с.
- Литвинов, С. С. Методика полевого опыта в овощеводстве / С. С. Литвинов. – М. : ВНИИО, 2011. – 650 с.
- Налиухин, А. Н. Оптимизация минерального питания и методы биофортификации пасленовых овощных культур микроэлементами-антиоксидантами / А. Н. Налиухин, А. А. Коротких // Известия ТСХА. – 2025. – Вып. 4. – С. 28–37.
- Новикова, Н. В. Селекция перца сладкого (*Capsicum annuum* L.) на хозяйственную полезность и качество плодов / Н. В. Новикова, И. А. Гринько // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2024. – № 1. – С. 61–65.

8. Шумилова, А. Д. Оценка биохимического потенциала плодов *Capsicum annuum* L. при накоплении эссенциальных микро-элементов / А. Д. Шумилова // Международный журнал прикладных наук и технологий «Integral». – 2023. – № 4. – С. 215–222.
9. Ahmad, R. Agronomic biofortification and genetic variation of micronutrient accumulation in vegetable crops: A review / R. Ahmad, M. T. Rafiq // Plant Physiology and Biochemistry. – 2024. – Vol. 196. – P. 445–456.
10. Yadav, B. Selenium biofortification in food crops: Key mechanisms and future breeding perspectives / B. Yadav, A. K. Singh, P. S. Khan // Journal of Food Composition and Analysis. – 2021. – Vol. 98. – Art. 103820.
11. Wang, Y. Biofortifying solanaceous fruit crops with Selenium nanoparticles: genetic and physiological responses / Y. Wang, X. Zhang, L. Liu // Scientia Horticulturae. – 2026. – Vol. 341. – Art. 113115.

References

1. Alpat'ev, A. V. Metodicheskie ukazaniya po selekcii perca sladkogo i baklazhana dlya otkry'togo i zashchishhennogo grunta / A. V. Alpat'ev, M. V. Efimov, N. S. Cyganok. – M. : VNISSOK, 1997. – 84 s.
2. Golubkina, N. A. Biofortifikaciya ovoshhny'x kul'tur selenom: fiziologicheskie i selekcionny'e aspekty / N. A. Golubkina, T. M. Seredin, V. A. Kokoreva // Ovoshhi Rossii. – 2021. – № 3. – S. 45–52.
3. Demidov, E. S. Skрининг коллекций генотипов перца сладкого (*Capsicum annuum* L.) по биохимическим показателям качества плодов / E. S. Demidov, O. P. Bronich // Trudy po prikladnoj botanike, genetike i selekcii. – 2023. – T. 184, № 2. – S. 112–119.
4. Dospexov, B. A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovanij) / B. A. Dospexov. – 5-e izd., pererab. i dop. – M. : Al'yans, 2011. – 351 s.
5. Litvinov, S. S. Metodika polevogo opyta v ovoshhevodstve / S. S. Litvinov. – M. : VNIIO, 2011. – 650 s.
6. Naliuxin, A. N. Optimizaciya mineral'nogo pitaniya i metody biofortifikacii paslenovy'x ovoshhny'x kul'tur mikroelementami-antioksidantami / A. N. Naliuxin, A. A. Korotkix // Izvestiya TSXA. – 2025. – Vy'p. 4. – S. 28–37.
7. Novikova, N. V. Selekcija perca sladkogo (*Capsicum annuum* L.) na xozyajstvennyy poleznost' i kachestvo plodov / N. V. Novikova, I. A. Grin'ko // Vestnik Belorusskoj gosudarstvennoj sel'skoxozyajstvennoj akademii. – 2024. – № 1. – S. 61–65.
8. Shumilova, A. D. Ocenka biokhimicheskogo potentsiala plodov *Capsicum annuum* L. pri nakoplenii e'ssencial'ny'x mikroelementov / A. D. Shumilova // Mezhdunarodny'j zhurnal prikladny'x nauk i texnologij «Integral». – 2023. – № 4. – S. 215–222.
9. Ahmad, R. Agronomic biofortification and genetic variation of micronutrient accumulation in vegetable crops: A review / R. Ahmad, M. T. Rafiq // Plant Physiology and Biochemistry. – 2024. – Vol. 196. – P. 445–456.
10. Yadav, B. Selenium biofortification in food crops: Key mechanisms and future breeding perspectives / B. Yadav, A. K. Singh, P. S. Khan // Journal of Food Composition and Analysis. – 2021. – Vol. 98. – Art. 103820.
11. Wang, Y. Biofortifying solanaceous fruit crops with Selenium nanoparticles: genetic and physiological responses / Y. Wang, X. Zhang, L. Liu // Scientia Horticulturae. – 2026. – Vol. 341. – Art. 113115.

N. V. Tyutyuma¹, S. T. Avdeeva²

¹Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences,

²Astrakhan State University named after V.N. Tatishchev

pniiaz@mail.ru

SOURCE MATERIAL FOR SWEET PEPPER BREEDING FOR INCREASED SELENIUM CONTENT IN FRUITS UNDER THE CONDITIONS OF THE ASTRAKHAN REGION

*Modern breeding of vegetable crops is actively developing towards the creation of functional food products capable of compensating for the deficiency of essential microelements in the human diet. Of particular importance is selenium, a potent antioxidant, the systemic deficiency of which is recognized as a global problem. Biofortification of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.), a crop possessing a high natural biochemical potential, serves as an effective solution to this issue. However, the success of breeding for increased microelement content is limited by the lack of thoroughly studied source material. The aim of the study was to perform a comprehensive evaluation of a sweet pepper germplasm collection of diverse origin and to identify promising genotypes for breeding for enhanced selenium accumulation in fruits under the specific environmental conditions of the Astrakhan region.*

The experimental work was conducted in 2023–2025 at the Federal State Budgetary Scientific Institution «Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences» FSBSI «PAFNC RAS». A single-factor field trial evaluating 31 cultivars and lines was laid out in a fourfold replication with a systematic plot arrangement, covering a total area of 0.19 ha at a planting density of 60,000 plants/ha. The evaluation was performed according to generally accepted field trial methodologies, as well as the guidelines of the Vavilov Institute of Plant Industry (VIR). The selenium content analysis was carried out differentially during the technical and full ripeness phases of the fruits. During the screening, significant genotypic variability of the trait was revealed. The average selenium content in the technical ripeness phase was 160.45 mg/kg, increasing to 179.06 mg/kg of dry weight in full ripeness. A steady upward trend in element accumulation during fruit ripening was detected, which exhibited a strictly individual character: the absolute increase varied from 16 to 21 mg/kg depending on the genotype. Relative to the standard cultivar «Novichok VNIOB», 8 high-accumulating samples were identified. The genotypes «Novogogoshary», «Novogogoshary orangevye», «Karapuz», and «Rubinov» are recommended as priority donors of the target trait for quality breeding programs, as they combine maximum absolute values of selenium content with high intensity of its final bioaccumulation.

Key words: sweet pepper, selenium, technical ripeness, full ripeness, breeding, source material, biofortification.

SSR-маркеры в оценке генетического разнообразия сортовых коллекций сельскохозяйственных культур: молекулярные основы и практические приложения

УДК 631.527: 575.22

DOI: 10.32935/2221-7312-2026-69-3-46-49

Е. И. Киселева, А. Мустафа Дамба, Р. А. Сибомана, О. В. Эйзикович, И. В. Фетисов, Д. Ш. Дьюф, Е. В. Романова (к.с.–х.н.), П. Кезимана (к.б.н.)
Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы,
1132247848@rudn.ru

SSR-маркеры (Simple Sequence Repeats, или микросателлиты) – tandemные повторы нуклеотидных мотивов длиной 1-6 п.н. – обладают высоким полиморфизмом, обусловленным механизмами, реплика-скольжения и неравного кроссинговера в мейозе. Высокая скорость мутирования локусов ($10^{-4} \dots 10^{-2}$ на поколение) генерирует множество аллельных состояний, обеспечивая исключительное аллельное богатство, недостижимое в биаллельных системах. Кодоминантное наследование SSR допускает однозначный учёт гетерозиготности, что критически важно при анализе аутбредных, полиплоидных и клонально размножаемых культур. В настоящем обзоре рассмотрены молекулярные принципы SSR-полиморфизма, охарактеризованы ключевые показатели информационного содержания – содержание полиморфной информации (PIC) и ожидаемая гетерозиготность (He) – и систематизированы данные о применении SSR-маркеров для оценки генетического разнообразия сортовых коллекций зерновых (пшеница, рис, кукуруза), бобовых и клонально размножаемых культур (какао, картофель). Особое внимание уделено возможностям SSR-технологии в области молекулярного штрих-кодирования, формирования базовых коллекций и мониторинга генетической эрозии в банках генов. Эмпирические данные по кукурузе, пшенице и рису убедительно показывают, что для достижения сопоставимой точности оценки генетических расстояний требуется в 7–11 раз больше SNP-локусов, чем SSR. Это соотношение определяет контекстно-зависимые преимущества микросателлитных маркеров: максимальная дискриминирующая сила при минимальном числе маркируемых локусов незаменима при сортовой идентификации, верификации родословных и контроле качества семенного материала. Рассмотрены перспективы интеграции SSR-технологий с платформами генотипирования по секвенированию (GBS) и алгоритмами машинного обучения в целях повышения эффективности систем управления генетическими ресурсами культурных растений.

Ключевые слова: SSR-маркеры, микросателлиты, генетическое разнообразие, PIC, молекулярное штрих-кодирование, базовые коллекции.

Сохранение и рациональное использование генетических ресурсов культурных растений образует фундаментальную основу глобальной продовольственной безопасности в условиях нарастающих биотических и абиотических угроз. Банки генов и селекционные коллекции аккумулируют эволюционный потенциал, необходимый для преодоления стагнации урожайности и создания новых сортов с расширенной адаптивностью [1, 5].

Генетическая эрозия — постепенное обеднение аллельного состава возделываемых популяций — приобретает тревожные масштабы на фоне унификации агроландшафта и климатической нестабильности: ландшафты, тысячелетиями служившие резервуаром адаптивного потенциала, вытесняются узкой группой коммерческих сортов со скоростью, опережающей возможности их документирования [4, 16].

Морфо-агрономические дескрипторы, долгое время остававшиеся единственным языком описания генофонда, принципиально не приспособлены для решения этой задачи: признаки нивелируются средой, проявляются лишь на определённых стадиях онтогенеза и в принципе не отражают нейтральную нуклеотидную изменчивость [3]. Маркеры на основе ДНК лишены этих ограничений — они одинаково информативны на семенном и зрелом растении, в поле и холодильной ка-

мере. Из всех маркерных систем SSR занимают особое положение: высокое аллельное богатство в сочетании с кодоминантным наследованием делает их равно применимыми как в строго инбредных зерновых, так и в сложных полиплоидных геномах [12, 15].

Широкое внедрение SNP-чипов изменило облик молекулярной генетики растений, однако не вытеснило микросателлиты из практики. Задачи, где на счету каждый маркируемый локус — установление родства, подтверждение сортовой принадлежности партии семян, паспортизация клонального материала — по-прежнему решаются с помощью SSR эффективнее и дешевле, чем с использованием биаллельных систем [2, 6].

Молекулярные основы и механизмы полиморфизма SSR-маркеров

Микросателлиты, или SSR, представляют собой короткие tandemные повторы ДНК-мотивов длиной от 1 до 6 пар оснований, широко распространённые в кодирующих и не кодирующих регионах геномов эукариот. Высокий уровень полиморфизма SSR-локусов обусловлен специфическим мутационным механизмом — реплика-скольжением (replication slippage), при котором некорректное спаривание нитей ДНК в ходе репликации приводит к изменению числа повторных

единиц. Дополнительным источником вариабельности служит неравный кроссинговер в мейозе [15, 18].

Принципиально важной особенностью является ступенчатая мутационная модель: большинство мутаций изменяют число повторов на одну единицу за один мутационный акт, создавая «аллельную лестницу». Скорость мутирования SSR-локусов составляет $10^{-4} \dots 10^{-2}$ на поколение – на несколько порядков выше фонового уровня точечных мутаций, что обеспечивает исключительное аллельное богатство на уровне отдельного локуса [15, 7]. Кодоминантная природа SSR позволяет однозначно регистрировать все аллели у гетерозиготных организмов, что критически важно при анализе аутбредных видов и гибридных сортов [12, 10].

Информационное содержание SSR-маркеров: PIC и ожидаемая гетерозиготность

Ключевым параметром оценки информативности маркера служит содержание полиморфной информации (PIC), отражающее вероятность разграничения двух произвольно выбранных образцов. PIC рассчитывается по формуле: $PIC = 1 - \sum p_i^2$, где p_i – частота i -го аллеля. Для мультиаллельных SSR значения PIC существенно выше, чем у биаллельных SNP: теоретический максимум PIC для биаллельного маркера составляет лишь 0,5, тогда как у высокополиморфных SSR-локусов PIC регулярно превышает 0,70–0,85 [15, 7].

Ожидаемая гетерозиготность (H_e) по Нею устойчиво выше для SSR по сравнению с SNP в исследованиях широкого круга культур. Эмпирические сравнения в коммерческих программах по кукурузе установили, что для достижения сопоставимой точности в оценке генетических расстояний и анализа родства требуется в 7–11 раз больше SNP-локусов, чем SSR [25, 8]. Это фундаментальное соотношение определяет контекстно-зависимые преимущества SSR. Сравнительные показатели для основных культур представлены в табл. 1.

Применение SSR-маркеров в коллекциях зерновых, бобовых, технических и клонально размножаемых культур

Зерновые культуры – пшеница, рис и кукуруза – располагают наиболее детально охарактеризованными геномными SSR-ресурсами. Для гексаплоидной пшеницы разработаны обширные панели геномных и EST-SSR, охватывающих все три субгенома (A, B, D) [24, 26].

Исследования показали, что ландрасы кластеризуются в соответствии с географическим происхождением, тогда как современные сорта группируются по принадлежности к конкретным селекционным программам [20, 24]. Верификация сортовой чистоты и мониторинг генетической целостности семенного материала пшеницы с применением SSR подтверждены в ряде независимых исследований [26].

В рисоводстве SSR исторически служат основным инструментом анализа разнообразия коллекций. Сравнительные исследования индийских сортов риса показали, что SSR более эффективны для анализа генетического разнообразия между сортами и захвата родственных связей, тогда как SNP превосходили их по разрешающей способности при выявлении структуры популяций [22]. Для клонально размножаемых линий риса SSR обеспечивают более надёжное разграничение близкородственных генотипов [11, 17]. Характеристика коллекций кукурузы демонстрирует превосходство SSR по аллельному разнообразию и оценкам генетических расстояний, особенно в ассоциативных панелях [25, 27].

Клонально размножаемые и хронически гетерозиготные культуры представляют особый вызов для молекулярной характеристики, поскольку их генетическая архитектура ломает допущения биаллельных маркерных систем. Для какао (*Theobroma cacao*) стандартизированные SSR-панели разрабатывались именно с целью разграничения клонов, различающихся единичными интрогрессиями, и выявления подмены посадочного материала в *ex situ* коллекциях [14].

В коллекциях картофеля – тетраплоидного аутбредного вида – SSR применяются для количественной оценки аллельного дожа и генетической структуры популяций: задача, методически затруднённая для биаллельных SNP-систем [23]. В изучении ореха грецкого установлено, что SSR объясняют несколько больший процент генетической дисперсии на нижних иерархических уровнях кластеризации [2]. Для хлопчатника SSR выявили умеренное генетическое разнообразие при узкой генетической основе современных сортов [21]. В коллекциях голубинного гороха, нута и сои SSR обеспечивают надёжное разграничение близкородственных акцессий [10].

Табл. 1. Сравнительные показатели информационного содержания SSR-маркеров для основных сельскохозяйственных культур

Вид	Количество SSR-локусов	Аллелей / локус	Среднее PIC	H_e (ожд.)	Источник
Пшеница (<i>T. aestivum</i>)	20–35	4,2–8,7	0,62–0,74	0,56–0,71	[26]
Рис (<i>O. sativa</i>)	24–48	5,1–12,3	0,68–0,81	0,62–0,78	[22]
Кукуруза (<i>Z. mays</i>)	30–80	6,4–15,8	0,71–0,87	0,65–0,84	[25]
Хлопок (<i>G. hirsutum</i>)	15–30	3,8–7,2	0,54–0,68	0,49–0,63	[21]
Какао (<i>T. cacao</i>)	10–20	5,3–11,0	0,64–0,79	0,59–0,74	[14]
Картофель (<i>S. tuberosum</i>)	12–25	4,9–9,4	0,60–0,76	0,55–0,70	[23]

Табл. 2. Сравнительная характеристика SSR- и SNP-маркеров в задачах оценки генетического разнообразия

Параметр	SSR-маркеры	SNP-маркеры (для сравнения)
Тип полиморфизма	Мультиаллельный (число повторов)	Биаллельный (нуклеотидная замена)
PIC (среднее)	0,60–0,87	≤ 0,50 (теоретический максимум)
Аллелей на локус	4–20 (типично)	2 (по определению)
Число локусов для сопоставимой точности [8, 25]	Базовый уровень (1х)	В 7–11 раз больше
Наследование	Кодоминантное	Кодоминантное
Полиплоиды	Высокая эффективность	Ограничено при высокой плоидности
Воспроизводимость	Умеренная (платформно-зависимая)	Высокая (чипы, GBS)
Приоритетные задачи	Идентификация сортов, родословные, базовые коллекции [2, 26]	GWAS, геномный отбор, структура популяций [6, 19]

Формирование базовых коллекций и молекулярное штрих-кодирование

Построение базовых коллекций – стратегическое уплотнение разнообразия исходной коллекции при максимальной аллельной представленности – традиционно опирается на SSR-маркеры как инструмент, обеспечивающий наибольшую аллельную репрезентативность при ограниченном числе маркируемых локусов [1, 2]. Мультиаллельная природа SSR повышает вероятность выявления генетически уникальных образцов, упускаемых биаллельными системами, особенно при формировании коллекций в культурах с высоким внутривидовым разнообразием.

Молекулярное штрих-кодирование на основе SSR предполагает компиляцию аллельных профилей по стандартизированным наборам локусов в формате QR-кодов и цифровых баз данных [9, 11]. Системы сертификации на основе ДНК ценны для защиты прав интеллектуальной собственности на сорта и обеспечения прослеживаемости семенных партий в коммерческом семеноводстве [17]. Сравнительные преимущества SSR обобщены в табл. 2.

Ограничения SSR-маркеров и перспективы интеграции с современными технологиями

Несмотря на многочисленные достоинства, SSR-маркеры имеют ряд методических ограничений. Традиционный гель-электрофорез трудоёмок и обеспечивает низкую пропускную способность. Флуоресцентный капиллярный электрофорез улучшает воспроизводимость, однако межлабораторная сопоставимость результатов остаётся проблемой ввиду нестандартизированных размерных стандартов и платформенно-специфических артефактов (stutter peaks, allele dropout) [12, 10].

Перспективным направлением является интеграция SSR в технологии генотипирования по секвенированию (GBS), открывающие путь к одновременному обнаружению микросателлитных и SNP-вариантов в

едином аналитическом конвейере [19]. Применение алгоритмов машинного обучения для интеграции SSR-данных с фенотипическими и экологическими характеристиками обещает усилить предсказательную точность моделей генетического разнообразия [13].

Выводы

SSR-маркеры занимают особое место в арсенале молекулярно-генетических инструментов, обеспечивая высокую аллельную разрешающую способность, не эквивалентную ни одной биаллельной маркерной системе при сопоставимых ресурсозатратах. Их мультиаллельная природа, кодоминантное наследование и высокие значения PIC делают микросателлиты незаменимыми при анализе родословных, сортовой идентификации, верификации сортовой чистоты и формировании базовых коллекций.

Данные, обобщённые в настоящем обзоре, неизменно подтверждают, что для достижения сопоставимой с SSR точности оценки генетических расстояний требуется в 7–11 раз больше SNP-локусов. Это фундаментальное соотношение определяет контекстно-зависимые преимущества микросателлитных маркеров. Максимальная дискриминирующая сила при минимальном числе маркируемых локусов особенно востребована при идентификации сортов, управлении генными банками и контроле качества семенного материала.

Дальнейшее развитие SSR-технологии связано с разработкой стандартизированных международных баз данных аллельных профилей, совершенствованием GBS-совместимых методов микросателлитного анализа и интеграцией SSR-данных в многоомиксные предсказательные платформы с применением алгоритмов машинного обучения [13, 19]. Стратегическое сочетание SSR для высокоинформативных локус-специфических приложений и SNP для широкого геномного охвата составит методологический фундамент комплексных систем управления генетическим разнообразием сортовых коллекций.

Литература

1. Barcaccia G. Molecular markers for characterizing and conserving crop plant germplasm // *Molecular Techniques in Crop Improvement*. Springer Netherlands, 2009. P. 231–254.
2. Bernard A. et al. Management of a walnut germplasm collection: SSR or SNP markers? // *bioRxiv*. 2019. 2019.12.17.879627.
3. Dar A.A., Mahajan R., Sharma S. Molecular markers for characterization and conservation of plant genetic resources // *Indian J. Agric. Sci.* 2019. Vol. 89, № 12. P. 1975–1983.

4. Ford-Lloyd B.V. et al. Genetic erosion over time of rice landrace agrobiodiversity // Plant Genetic Resources. 2008. Vol. 6, № 1. P. 63–69.
5. Fu Y. The vulnerability of plant genetic resources conserved ex situ // Crop Science. 2017. Vol. 57, № 5. P. 2314–2328.
6. Ganai M.W. et al. Large SNP arrays for genotyping in crop plants // J. Biosciences. 2012. Vol. 37, № 5. P. 821–828.
7. Gramazio P. et al. Comparison of SSR and SNP markers for genetic fingerprinting in eggplants // Euphytica. 2017. Vol. 213, № 12. P. 264.
8. Hamblin M.T., Warburton M.L., Buckler E.S. Empirical comparison of SSRs and SNPs in assessment of maize diversity and relatedness // PLoS ONE. 2007. Vol. 2, № 12. P. e1367.
9. H.M. et al. Genetic characterization and barcode construction of indigenous rice varieties and elite lines for IPR protection // J. Anim. Plant Sci. 2025. Vol. 35, № 4. P. 26.
10. Kimaro D. et al. Analysis of genetic diversity and population structure of pigeonpea accessions using SSR markers // Plants. 2020. Vol. 9, № 12. P. 1643.
11. Kwon Y.-S. et al. Identification of rice variety using SSR marker // Korean J. Crop Sci. 2006. Vol. 16, № 6. P. 1001–1009.
12. Lapitan V.C. et al. Assessment of genetic diversity of Philippine rice cultivars using SSR markers // Breed. Sci. 2007. Vol. 57, № 4. P. 263–270.
13. Li X. et al. Plant molecular marker in AI era // Front. Plant Sci. 2025. Vol. 16. P. 1757949.
14. Livingstone D.S. et al. Development of SNP markers in Theobroma cacao and comparison to SSR markers for genotyping of Cameroon clones // Mol. Breeding. 2010. Vol. 26, № 2. P. 333–349.
15. Matus I.A., Hayes P.M. Genetic diversity in three groups of barley germplasm assessed by SSR // Genome. 2002. Vol. 45, № 6. P. 1095–1106.
16. Merga W., Getu A. The application of genetic marker for diversity assessment and conserving of plant genetic resource // J. Exp. Mol. Biol. 2023. Vol. 24, № 1. P. 1–12.
17. Muhamad K. et al. Genetic relationships among improved varieties of rice in Indonesia over the last 60 years // Genet. Resour. Crop Evol. 2016. Vol. 64, № 4. P. 701–715.
18. Oloka B.M. et al. The use of multiplexed SSR markers for analysis of genetic diversity in African rice genotypes // Afr. J. Biotechnol. 2015. Vol. 14, № 30. P. 2357–2366.
19. Rasheed A. et al. Crop breeding chips and genotyping platforms // Mol. Plant. 2017. Vol. 10, № 8. P. 1047–1064.
20. Rufo R. et al. From landraces to improved cultivars: Assessment of genetic diversity of Mediterranean wheat using SNP markers // PLoS ONE. 2019. Vol. 14, № 7. P. e0219867.
21. Shi J. et al. Genetic diversity and population structure analysis of upland cotton germplasm in China based on SSR markers // Genet. Resour. Crop Evol. 2023. Vol. 70, № 8. P. 2671–2682.
22. Singh N. et al. Comparison of SSR and SNP markers in estimation of genetic diversity and population structure of Indian rice varieties // PLoS ONE. 2013. Vol. 8, № 12. P. e84136.
23. Tagliotti M.E. et al. Use of phenotypic traits as a complementary approach to evaluate diversity in a high-heterozygous panel of tetraploid potato clones and cultivars // BMC Genet. 2018. Vol. 19, № 1. P. 5.
24. Tehseen M.M. et al. Exploring genetic diversity and population structure of wheat landrace population conserved at ICARDA genebank // Front. Genet. 2022. Vol. 13. P. 900572.
25. Van Inghelandt D. et al. Population structure and genetic diversity in a commercial maize breeding program assessed with SSR and SNP markers // Theor. Appl. Genet. 2010. Vol. 120, № 7. P. 1289–1299.
26. Vasile V. et al. SSR markers are useful tools in wheat varietal purity and genetic diversity assessment // Seed Sci. Technol. 2023. Vol. 51, № 2. P. 145–156.
27. Yang X. et al. Comparison of SSRs and SNPs in assessment of genetic relatedness in maize // Genetica. 2011. Vol. 139, № 8. P. 1045–1054.

**E. I. Kiseleva., A. Mustapha Damba, R. A. Sibomana, O. V. Eizikovich,
I. V. Fetisov, D. Ch. Diouf, E. V. Romanova, P. Kezimana**

Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba
1132247848@rudn.ru

SSR MARKERS IN GENETIC DIVERSITY ASSESSMENT OF CROP VARIETAL COLLECTIONS: MOLECULAR BASES AND PRACTICAL APPLICATIONS

Simple Sequence Repeat (SSR) markers – tandem repeats of 1–6 nucleotide motifs – exhibit high polymorphism generated by replication slippage and unequal crossing-over, with mutation rates of 10⁻⁴–10⁻² per locus per generation. The multi-allelic nature and codominant inheritance of SSR loci provide exceptional discriminatory power in variety identification, pedigree analysis, and genetic purity control. This review examines the molecular principles of SSR polymorphism, characterizes key information content parameters including polymorphic information content (PIC) and expected heterozygosity (He), and systematizes data on SSR marker applications in genetic diversity assessment of varietal collections of cereals (wheat, rice, maize), legumes, and clonally propagated crops (cacao, potato). Particular attention is given to SSR capabilities in molecular barcoding, core collection construction, and genetic erosion monitoring in genebanks. Empirical data consistently demonstrate that 7–11 times more SNP loci are required to achieve equivalent precision in genetic distance estimation compared to SSR markers. This ratio defines the context-dependent advantages of microsatellite markers: maximum discriminatory power with a minimum number of typed loci is indispensable for variety identification, pedigree verification, and seed quality control. Prospects for integrating SSR technologies with genotyping-by-sequencing platforms and machine learning algorithms in genetic resource management systems are discussed.

Key words: SSR markers, microsatellites, genetic diversity, PIC, molecular barcoding, core collections.

Влияние биогумата Биотерра на биологическую активность почв под садовыми насаждениями

УДК 631.8

DOI: 10.32935/2221-7312-2026-69-3-50-55

Р. Х. Темботов¹ (к.б.н.), А. Б. Дячкина² (к.т.н.)¹Институт экологии горных территорий им. А. К. Темботова РАН,²ООО «БТК БИО-ТЕРРА»,

tembotov.rustam@mail.ru

В настоящее время, в сельском хозяйстве все чаще применяются экологически безопасные биологические препараты, способные улучшать и ускорять агрохимические, агрофизические и биологические процессы в почве. Среди этих биопрепаратов особого внимания заслуживают биогуматы — продукты переработки органического сырья, содержащие гуминовые и фульвокислоты, аминокислоты и микроэлементы. Определение биологической активности, в том числе активности ферментов, является необходимой частью исследований почв садовых насаждений, по сколько активность ферментов быстро реагирует на изменения, происходящие в почве и часто изменяется задолго до других агрохимических показателей. Цель работы — оценить влияние биогумата Биотерра на ферментативную активность почв в садовых насаждениях (на примере опытного сада ООО «Базис», расположенного в с. Восточное, Кабардино-Балкарской Республики). Исследования проводились в садовых насаждениях на двух типах участков, с различным количеством и способом внесения биогумата Биотерра: в плодоносящем саду (внесение 50 л/га при капельном орошении) и на новых посадках (внесение 0,2 и 1,0 л/лунку при посадке). Установлено, что внесение биогумата Биотерра во всех вариантах опыта снизило уровень рН почвы на 1% (в сторону нейтрализации щелочности, что благоприятно для садов) и повысило содержание гумуса: на 7% (плодоносящий сад, 50 л/га), на 24% (0,2 л/лунку) и на 28% (1 л/лунку) относительно контроля. Активность почвенных ферментов также увеличилась в плодоносящем саду при внесении 50 л/га — на 5–13%, при внесении 0,2 л/лунку — на 7–24%, при внесении 1,0 л/лунку — на 9–43%. Общая относительная ферментативная активность исследованных почв увеличилась при внесении биогумата Биотерра на 8% (50 л/га), 16% (0,2 л/лунку) и 26% (1 л/лунку). Полученные данные свидетельствуют о повышении плодородия почвы и потенциальной урожайности садов при использовании биогумата Биотерра.

Ключевые слова: ферментативная активность почв, гумус, садовые насаждения, биогумат Биотерра.

Введение

В современном сельском хозяйстве все активнее стали применяться биологические удобрения, которые близки по своему составу к природным соединениям. Такие препараты обладают минимальными экологическими рисками и служат эффективным инструментом регуляции агрохимических, агрофизических и биологических процессов в системе «почва-растение». В ряду таких препаратов особое место занимают биогуматы — продукты переработки органического сырья, которые содержат в большом количестве гуминовые и фульвокислоты, а также аминокислоты и микроэлементы. Использование биогуматов считается перспективным приемом для сохранения почвенного плодородия и повышения урожайности сельскохозяйственных культур [12; 15]. Эффективность биогумусовых удобрений обусловлена высоким содержанием в них органических веществ, их низкой токсичностью и пролонгированностью действия [14].

Активируя биоэнергетические процессы, биогуматы повышают адаптацию сельскохозяйственных культур к стрессовым факторам среды, стимулируют рост и развитие корневой системы и надземной биомассы, способствуют мобилизации труднодоступных форм питательных веществ [13]. Биогуматы рассматриваются

как экономически эффективная и экологичная альтернатива минеральным азотно-фосфорно-калийным удобрениям [20]. В садоводстве положительный эффект применения биогуматов убедительно подтвержден исследованиями. Например, обработка биопрепаратами увеличивала урожайность яблок на 67–114% по сравнению с контролем, одновременно изменяя структуру микробного сообщества в сторону увеличения численности бактерий рода *Lysobacter*, известных своей антагонистической активностью против фитопатогенов [22]. Также, внесение биогуматов положительно влияет на различные морфометрические параметры саженцев [7].

Одним из важнейших преимуществ биогуматов является их влияние на биологическую активность почвы, которая служит интегральным показателем ее функционального состояния. Почвенная биота обеспечивает такие фундаментальные процессы, как разложение растительных остатков, минерализация органического вещества и трансформация элементов питания. Активность почвенных ферментов является информативным показателем этих процессов, поскольку, они быстрее чем остальные почвенные показатели реагирует на изменения внешних условий [21, 23]. Несмотря на то, что почва является самой богатой системой по ферментативному разнообразию и совокупности ферментов [11], в почвенной энзимологии наибольшее внимание

уделяют гидролитическим (гидролазы) и окислительно-восстановительным (оксидазы) ферментам [9, 19]. Гидролитические ферменты участвуют в процессах катализа разложения различных органических соединений и являются важнейшими при обогащении почв питательными элементами. К гидролазам относятся инвертаза, уреазы и фосфатазы, участвующие соответственно в углеводном, азотном и фосфорном циклах. Оксидазы, к которым относятся дегидрогеназа и каталаза, характеризуют окислительно-восстановительный потенциал почвы. Активность рассматриваемых гидролитических и окислительно-восстановительных ферментов тесно коррелирует с почвенным плодородием и урожайностью сельскохозяйственных культур [3, 17, 18].

Несмотря на обширный экспериментальный материал, в которой описано воздействие применения биогуматов на почвы и сельскохозяйственные растения, сведений о их влиянии на ферментативную активность почв в садах, недостаточно. Исходя из всего вышесказанного, целью настоящей работы стала оценка влияния биогумата Биотерра на ферментативную активность почв в садовых насаждениях (на примере опытного сада ООО «Базис», расположенного в с. Восточное, Кабардино-Балкарской Республики).

Материал и методы исследования

В исследовании использовали биогумат Биотерра, который является жидким био-органоминеральным удобрением, содержащим большое количество органических веществ, гуминовых и фульвокислот. В табл. 1 представлены характеристики исследуемого биогумата. Агрохимические характеристики биогумата Биотерра получены в лаборатории агрохимических исследований Федерального ростовского аграрного научного центра.

Полевой опыт по оценке влияния биогумата Биотерра на почвенные показатели проводился на опытном участке ООО «Базис» в окрестностях села Восточное, Прохладненского района, Кабардино-Балкарской

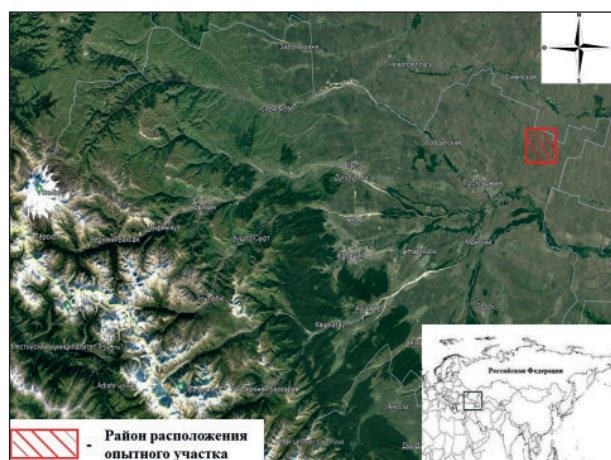


Рис. 1. Район расположения опытного участка в пределах равнинной части Кабардино-Балкарской Республики

Табл. 1. Агрохимические характеристики биогумата Биотерра

Показатель	Результат анализа	Метод определения
Сухое вещество, г/л	229,70	ГОСТ 26713-85
Органическое вещество (С), г/л	43,14	ГОСТ 26714-85
Органическое вещество (С) на сухое вещество, %	18,78	ГОСТ 27980-88
Гуминовые кислоты (Сгк) на сухое вещество, %	4,93	Метод Пономаревой-Плотниковой
Гуминовые кислоты (Сгк) в растворе, г/л	11,32	
Фульвокислоты (Сфк) на сухое вещество, %	13,85	
Фульвокислоты (Сфк) в растворе, г/л	31,81	

Республики (рис. 1). Опытный участок находится в степной зоне Кабардино-Балкарской Республики, на высоте 192 метра над уровнем моря, координаты: N 43.646958°, E 44.082538°. Участок расположен на территории, который характеризуется теплым климатом и малоснежной зимой [1]. Материнскими породами на опытном участке является лёссовидные суглинки [10]. Почвенный покров участка характеризуется темно-каштановой карбонатной почвой на лёссовидных суглинках. Поверхностный слой исследуемой почвы характеризуется темно-серо-коричневой окраской, среднесуглинистым механическим составом, ореховато-комковатой структурой, небольшим количеством корней и каменных включений.

Для проведения опытов были выбраны два типа участков (рис. 2) с различным количеством и способом внесения биогумата Биотерра в почву: 1) плодоносящий сад с внесением 50 л биогумата на гектар через капельное орошение; 2) новые посадки сада с внесением 0,2 и 1 л биогумата в каждую лунку при посадке новых саженцев. В качестве контрольных, использовались участки на этих же садах, в которые не вносился биогумат.

Через три месяца после внесения биогумата Биотерра в почву под садами, отобраны образцы почвы, которые в дальнейшем были измельчены, высушены и очищены от растительных остатков. Далее проведены лабораторно-аналитические исследования подготовленных образцов почв.

Влияние биогумата Биотерра на почву оценивалось по ряду почвенных показателей: содержание гумуса (%), уровень pH (H_2O), активность пять почвенных ферментов — каталазы, дегидрогеназы, инвертазы, фосфатазы и уреазы. Аналитические работы проводились в Институте экологии горных территорий им. А.К. Темботова РАН. В работе использованы традиционные для почвенных исследований лабораторно-аналитические методы. Содержание гумуса (%) определяли методом Тюрина в модификации Никитина, pH (H_2O) в исследуемых образцах выявляли с помощью потенциометрического

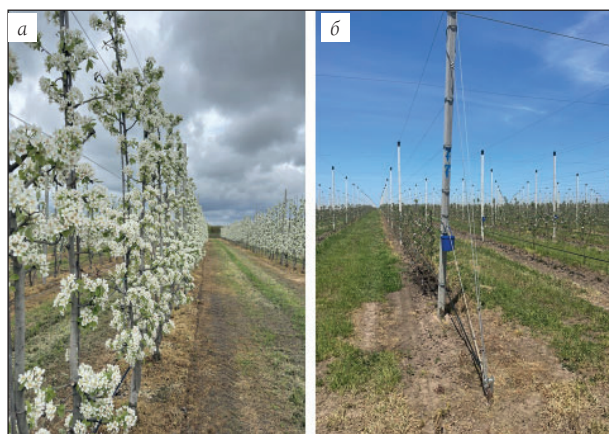


Рис. 2. Участки проведение опытов в саду:
а – плодоносящий сад, б – новый сад

метода. Уровень активности каталазы определяли газометрическим методом, при определении активности остальных ферментов — дегидрогеназы, инвертазы, фосфатазы, уреазы, использовался колориметрический метод [8]. По шкале [4], проводилась оценка уровня ферментативной активности. Для объединения изученных почвенных ферментов в единый показатель использовали методику [8].

Результаты исследования и их обсуждение

В табл. 2, 3 представлены средние значения и ошибка средней, исследуемых почвенных образцов. Вы-

явлено, что все исследуемые пробы почв обладают либо слабой, либо средней ферментативной активностью [4].

Уровень pH почвы влияет на доступность питательных веществ, активность полезных микроорганизмов, структуру грунта, развитие корневой системы и устойчивость к болезням. Из табл. 2, 3 видно, что при внесении биогумата Биотерра на всех опытных участках, уровень pH (H_2O) снизился на 1%. Для исследованных почв, снижение уровня pH (H_2O) является позитивным явлением, так как данные почвы являются щелочными, а для садов, оптимальными являются нейтральные и слабокислые условия [5].

Количество гумуса — интегральный показатель плодородия почв, поэтому его содержание подлежит обязательному контролю. В гумусе содержится большая часть всех запасов азота, фосфора и серы. Гумус создаёт благоприятную среду для развития и размножения полезных почвенных микроорганизмов. Результаты анализов показали (см. табл. 2, 3), что содержание гумуса во всех исследованных пробах при внесении биогумата Биотерра увеличилось. В почвах плодоносящего сада, внесение 50 л на гектар биогумата Биотерра с помощью капельного орошения увеличило содержание гумуса на 7% по сравнению с контрольным участком. В опытах с внесением биогумата в лунку при посадке, также существенно повысилось содержание гумуса. Внесение 0,2 л в лунку увеличило содержание гумуса на 24%, а внесение 1 л на 28%. Выявленные нами по содержанию гумуса результаты (см. табл. 2), согласуются с данными

Табл. 2. Средние значение и ошибка средней почвенных показателей во взрослом саду

Показатель	Опытный участок		Изменения показателя, %
	Взрослый сад с внесением 50 л на гектар	Контроль	
pH (H_2O)	8,33±0,02	8,39±0,05	-1
Содержание гумуса, %	2,81±0,10	2,62±0,08	+7
Активность дегидрогеназы, мг ТФФ/10г/24ч	8,64±0,65 (средняя)	7,96±1,12 (средняя)	+8
Активность каталазы, мл O_2 /1г/1мин	5,15±0,75 (средняя)	4,82±0,95 (средняя)	+6
Активность инвертазы, мг глюкозы/1г/24ч	15,93±2,28 (средняя)	13,83±1,98 (слабая)	+13
Активность фосфатазы, мг P_2O_5 /100г/1ч	25,95±1,18 (средняя)	24,15±2,05 (средняя)	+7
Активность уреазы, мг NH_3 /10 г/24 ч	22,64±2,26 (средняя)	21,57±4,41 (средняя)	+5

Табл. 2. Средние значение и ошибка средней почвенных показателей в новом саду

Показатель	С внесением в лунку биогумата		Контроль	Изменения показателя, %	
	0,2 л на дерево	1 л на дерево		0,2 л на дерево	1 л на дерево
pH (H_2O)	8,31±0,01	8,27±0,01	8,37±0,04	-1	-1
Содержание гумуса, %	3,58±0,05	3,79±0,04	2,73±0,16	+24	+28
Активность дегидрогеназы, мг ТФФ/10г/24ч	7,46±0,38 (средняя)	7,89±0,37 (средняя)	6,94±0,24 (слабая)	+7	+12
Активность каталазы, мл O_2 /1г/1мин	3,48±0,65 (средняя)	3,78±0,57 (средняя)	2,80±0,36 (слабая)	+20	+26
Активность инвертазы, мг глюкозы/1г/24ч	10,94±1,28 (слабая)	12,01±1,17 (слабая)	7,21±0,24 (слабая)	+34	+40
Активность фосфатазы, мг P_2O_5 /100г/1ч	32,0±4,33 (средняя)	49,44±14,75 (средняя)	28,10±3,08 (средняя)	+12	+43
Активность уреазы, мг NH_3 /10 г/24 ч	17,36±2,64 (средняя)	17,55±2,63 (средняя)	15,97±2,70 (средняя)	+8	+9

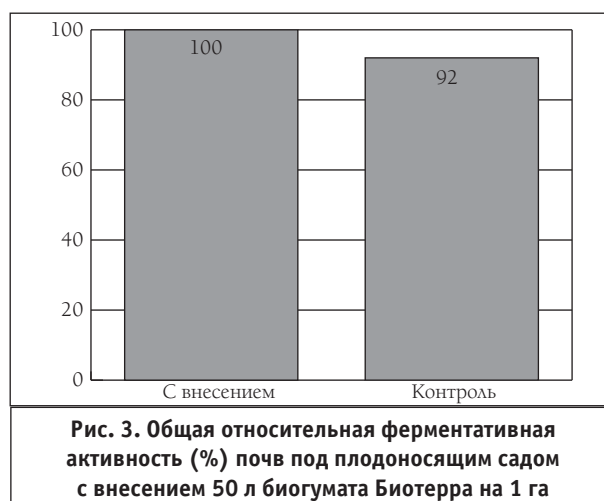
полученными в исследовании [22], в ней показано, что внесение биоорганических удобрений повысила содержание в почве органического вещества на 22% по сравнению с контролем.

Активность почвенных ферментов, также, как и содержание гумуса, повысилось во всех опытах, при внесении биогумата Биотерра. При внесении 50 л биогумата на гектар, активность окислительно-восстановительных ферментов каталазы и дегидрогеназы увеличилось на 6 и 8% соответственно. Активность гидролитических ферментов, также повысилось: активность уреазы на 5%, фосфатазы на 7% и инвертазы на 13%.

В опыте с внесением 0,2 л биогумата Биотерра в каждую лунку при посадке, активность изученных ферментов, увеличилась еще больше. Активность дегидрогеназы увеличилась на 7%, а каталазы на 20%. Гидролитические ферменты, также показали увеличение активности, которое составило 8% для уреазы, 12% для фосфатазы и 24% для инвертазы. Внесение 1 литра биогумата в лунку при посадке, показало самое существенное увеличение активности всех изученных ферментов. Активность каталазы и дегидрогеназы увеличилось на 26 и 12%, а уреазы, инвертазы и фосфатазы на 9, 40 и 43% соответственно.

На увеличение активности почвенных ферментов при внесении биогуматов, указывается и в работе [16], в которой показано, что при внесении биологических удобрений, увеличилась активность изученных ферментов. Причем положительный эффект сохранялся еще через 12 месяцев после внесения биогуматов.

Биологическая активность почв достаточно сложное и многогранное понятие, охватывающее интенсивность протекания различных микробиологических и биохимических процессов [6]. Исходя из этого, кроме изучения активности отдельных почвенных ферментов, для оценки влияния биогумата Биотерра на общий уровень биологической активности почв, в данной работе, мы рассчитали общую относительную ферментативную активность почв. Проведённое на Северном Кавказе исследование [2] показало, что оценка общего отно-



сительного уровня ферментативной активности почв, близка к оценке уровня общего плодородия почв.

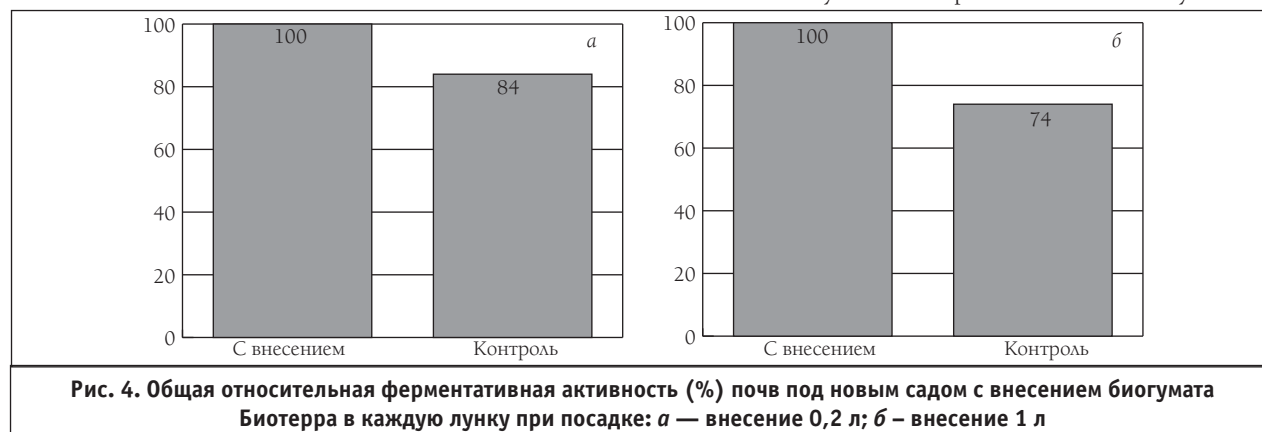
Сравнения общего уровня биологической активности изученных почв садовых насаждений с внесением биогумата Биотерра и контрольных участков показало, что при внесении в плодоносящий сад 50 л на гектар биогумата Биотерра, этот показатель увеличивается на 8% (рис. 3).

Внесение биогумата Биотерра в лунку, еще больше увеличила общую относительную ферментативную активность почв. Внесении 0,2 л биогумата в лунку привело к увеличению данного показателя на 16%, а 1 л уже на 26% (рис. 4).

Таким образом, показано, что внесение биогумата Биотерра во всех опытах увеличивает не только активность отдельных почвенных ферментов, но и показатель общей относительной ферментативной активности. Полученные результаты указывают на потенциальное увеличение почвенного плодородия и урожайности садовых насаждений.

Выводы

Представлены первые данные по оценке влияния биогумата Биотерра на почвенные показатели, в почвах находящихся под садовыми насаждениями. Выявлено, что внесения биогумата Биотера на всех опытных участках



увеличило содержание гумуса в почвах на 7–28%. Активность изученных почвенных ферментов, увеличилось при внесении биогумата на 5–45% в зависимости от фермента, типа сада и количества внесенного биогумата. Общая биологическая активность почв на всех исследованных опытных участках при внесении биогумата Биотерра увеличилась на 8–26%, что указывает на существенное ускорение работы микробов в почвах и тем самым,

повышение почвенного плодородия. Исследования продолжают и в дальнейшем будет исследована динамика биологической активности почв опытных участков по сезонам, а также изменение урожайности садов при внесении биогумата Биотерра. Полученные данные позволят научно обосновать рекомендации по использованию биогуматов в садоводстве с целью оптимизации питательного режима и повышения урожайности.

Литература

1. Агроклиматический справочник по Кабардино-Балкарской АССР. Ленинград: Гидрометеиздат, 1960. 136 с.
2. Вальков В. Ф., Казеев К. Ш., Колесников С. И. Методология исследования биологической активности почв (на примере Северного Кавказа) // Научная мысль Кавказа. 1999. №1. – С. 32-37.
3. Галстян А. Ш. Ферментативная активность почв Армении. Ереван: Айастан, 1974. 274 с.
4. Гапонюк Э. И., Малахов С. В. Комплексная система показателей экологического мониторинга почв // Тр. 4-го Всесоюз. совещ. Обнинск, июнь 1983. Ленинград: Гидрометеиздат, 1985. – С. 3-10.
5. Дорошенко Т. Н., Бузоверов А. В., Рязанова Л. Г., Захарчук Н. В. Реакция сортов и подвоев яблони на изменение pH почвенной среды // Научный журнал КубГАУ. 2015. №106(02). – С 1-11.
6. Звягинцев Д. Г., Бабеева И. П., Зенова Г. М. Биология почв. Москва: МГУ, 2005. 448 с.
7. Зыков А. В., Егорова К. И., Юнин В. А. Анализ влияния различных доз удобрения Биогум на морфологические параметры однолетних саженцев яблонь. Известия НВ АУК. 2024. № 2. – С. 148-156.
8. Казеев К. Ш., Колесников С. И., Вальков В. Ф. Биологическая диагностика и индикация почв: методология и методы исследований. Ростов-на-Дону: Изд-во Ростовского университета, 2003. 202 с.
9. Казеев К. Ш., Колесников С. И. Биодиагностика почв: методология и методы исследований. Ростов-на-Дону: Изд-во Южного федерального университета, 2012. 260 с.
10. Кумахов В. И. Почвы Центрального Кавказа. Нальчик: Полиграфсервис и Т, 2007. 125 с.
11. Купревич В. Т. А. Ф., Шербакова. Почвенная энзимология. Минск: Наука и Техника, 1966. 275 с.
12. Матюгин В. А. Влияние гуминового препарата ЭКОСС на ферментативную активность и режим элементов питания в черноземе обыкновенном карбонатном под озимой пшеницей: автореферат диссертации кандидата биологических наук. Ростов-на-Дону, 2023. 24 с.
13. Наими О. И., Поволоцкая Ю. С. Биологическое земледелие и экологические аспекты применения гуминовых препаратов // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2019. № 31. – С. 121-123.
14. Перетятко Ю. А. Ресурсосберегающая технология возделывания озимой пшеницы с элементами биологизации // Международный технико-экономический журнал. 2014. № 1. – С. 81-87.
15. Петенко А. И., Жолобова И. С., Горковенко Н. Е., Гнеуш А. Н., Антипова Д. В. Микробные ассоциации биогумуса и гуминовых веществ, полученных на основе отходов животноводства // Научный журнал КубГАУ. 2020. № 157. – С. 1-16.
16. Симонович Е. И., Казадаев А. А. Биологические активизаторы почвенного плодородия в растениеводстве. Ростов-на-Дону: НМЦ «Логос», 2009. 190 с.
17. Темботов Р. Х., Горобцова О. Н. Эколого-биологическая оценка состояния почвенного покрова Центрального Кавказа: (в границах терского и эльбурского вариантов поясности). Нальчик: Издательство М. и В. Котляровых, 2018. 136 с.
18. Lemanowicz J., Haddad S., Bartkowiak A., Lamparski R., Wojewodzki P. The role of an urban park's tree stand in shaping the enzymatic activity, glomalin content and physicochemical properties of soil // Science of The Total Environment. 2020. Vol. 741: 140446
19. Meena A., Rao K. Assessment of soil microbial and enzyme activity in the rhizosphere zone under different land use/cover of a semiarid region. India // Ecological Processes. 2021. Vol. 10: 16.
20. Mosa W., Paszt L., Frac M., Trzcinski P. The role of biofertilization in improving apple productivity – A Review // Advances in Microbiology. 2015. Vol. 5. – P 21-27.
21. Vikram K., Chaudhary H., Rao K.S. SOC and TN fluctuations determine the variations in microbial enzymatic activities under diverse land use types in the Central Himalaya, India // Catena. 2024. 240: 107958. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2024.107958>
22. Wang L., Li J., Yang F. et al. Application of Bioorganic Fertilizer Significantly Increased Apple Yields and Shaped Bacterial Community Structure in Orchard Soil // Microbial Ecology. 2017. Vol. 73. – P 404-416.
23. Zhang L., Chen W., Burger M., Yang L., Gong P., Wu Z. Changes in soil carbon and enzyme activity as a result of different long-term fertilization regimes in a greenhouse field // PLoS ONE. 2015. Vol. 10: e0118371.

References

1. Agroklimaticheskij spravocnik po Kabardino-Balkarskoj ASSR. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1960. 136 s.
2. Val'kov V. F., Kazeev K. Sh., Kolesnikov S. I. Metodologiya issledovaniya biologicheskoy aktivnosti pochv (na primere Severnogo Kavkaza) // Nauchnaya my'sl' Kavkaza. 1999. №1. – S. 32-37.
3. Galstyan A. Sh. Fermentativnaya aktivnost' pochv Armenii. Erevan: Ajastan, 1974. 274 s.
4. Gaponyuk E. I., Malaxov S. V. Kompleksnaya sistema pokazatelej e'kologicheskogo monitoringa pochv // Tr. 4-go Vsesoyuzn. soveshh. Obninsk, iyun' 1983. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1985. – S. 3-10.
5. Doroshenko T. N., Buzoverov A. V., Ryazanova L. G., Zaxarchuk N. V. Reakciya sortov i podvov yablони na izmenenie rN pochvennoj sredy' // Nauchny'j zhurnal KubGAU. 2015. №106(02). – S 1-11.

6. Zvyagincev D. G., Bab'eva I. P., Zenova G. M. *Biologiya pochv*. Moskva: MGU, 2005. 448 s.
7. Zy'kov A. V., Egorova K. I., Yunin V. A. Analiz vliyaniya razlichny'x doz udobreniya Biagum na morfologicheskie parametry` odnoletnix sazhencev yablon`. *Izvestiya NV AUK*. 2024. № 2. – S. 148-156.
8. Kazeev K. Sh., Kolesnikov S. I., Val'kov V. F. *Biologicheskaya diagnostika i indikaciya pochv: metodologiya i metody` issledovaniy*. Rostov-na-Donu: Izd-vo Rostovskogo universiteta, 2003. 202 s.
9. Kazeev K. Sh., Kolesnikov S. I. *Biodiagnostika pochv: metodologiya i metody` issledovaniy*. Rostov-na-Donu: Izd-vo Yuzhnogo federal'nogo universiteta, 2012. 260 s.
10. Kumaxov V. I. *Pochvy` Central'nogo Kavkaza*. Na'chik: Poligrafservis i T, 2007. 125 s
11. Kuprevich V. T. A F, Shherbakova. *Pochvennaya e`nzimologiya*. Minsk: Nauka i Texnika, 1966. 275 s.
12. Matyugin V. A. Vliyanie guminovogo preparata E'KOSS na fermentativnyuyu aktivnost` i rezhim e`lementov pitaniya v chernozeme oby`knoennom karbonatnom pod ozimoy pshenicej: avtoreferat dissertacii kandidata biologicheskix nauk. Rostov-na-Donu, 2023. 24 s.
13. Naimi O. I., Povoloczkaya Yu. S. *Biologicheskoe zemledelie i e`kologicheskie aspekty` primeneniya guminovy'x preparatov` // Mezhdunarodny'j zhurnal gumanitarny'x i estestvenny'x nauk*. 2019. № 31. – S. 121-123.
14. Peretyat'ko Yu. A. Resursosberegayushhaya texnologiya vozdey`vaniya ozimoy pshenicy s e`lementami biologizacii` // *Mezhdunarodny'j tekhniko-e`konomicheskij zhurnal*. 2014. № 1. – S. 81-87.
15. Petenko A. I., Zholobova I. S., Gorkovenko N. E., Gneush A. N., Antipova D. V. *Mikrobnny'e associacii biogumusa i guminovy'x veshhestv, poluchenny'x na osnove otxodov zhivotnovodstva` // Nauchny'j zhurnal KubGAU*. 2020. № 157. – S. 1-16.
16. Simonovich E. I., Kazadaev A. A. *Biologicheskie aktivizatory` pochvennogo plodorodiya v rastenievodstve*. Rostov-na-Donu: NMCz «Logos», 2009. 190 s.
17. Tembotov R. X., Gorobczova O. N. *E`kologo-biologicheskaya ocenka sostoyaniya pochvennogo pokrova Central'nogo Kavkaza: (v granicax terskogo i e`l'brusskogo variantov pojasnosti)*. Na'chik: Izdatel'stvo M. i V. Kotlyarovy'x, 2018. 136 s.
18. Lemanowicz J., Haddad S., Bartkowiak A., Lamparski R., Wojewodzki P. The role of an urban parks tree stand in shaping the enzymatic activity, glomalin content and physicochemical properties of soil // *Science of The Total Environment*. 2020. Vol. 741: 140446.
19. Meena A., Rao K. Assessment of soil microbial and enzyme activity in the rhizosphere zone under different land use/cover of a semiarid region. India // *Ecological Processes*. 2021. Vol. 10: 16.
20. Mosa W., Paszt L., Frac M., Trzcinski P. The role of biofertilization in improving apple productivity – A Review // *Advances in Microbiology*. 2015. Vol. 5. – P. 21-27. <https://doi.org/10.4236/aim.2015.51003>
21. Vikram K., Chaudhary H., Rao K.S. SOC and TN fluctuations determine the variations in microbial enzymatic activities under diverse land use types in the Central Himalaya, India // *Catena*. 2024. 240: 107958.
22. Wang L., Li J., Yang F. et al. Application of Bioorganic Fertilizer Significantly Increased Apple Yields and Shaped Bacterial Community Structure in Orchard Soil // *Microbial Ecology*. 2017. Vol. 73. – P. 404-416.
23. Zhang L., Chen W., Burger M., Yang L., Gong P., Wu Z. Changes in soil carbon and enzyme activity as a result of different long-term fertilization regimes in a greenhouse field // *PLoS ONE*. 2015. Vol. 10: e0118371.

R.K. Tembotov¹, A.B. Dyachkina²

¹A. K. Tembotov Institute of Ecology of Mountain Territories, Russian Academy of Sciences,

²BTK BIO–TERRA
dulov-tehfak@mail.ru

THE EFFECT OF BIOTERRA BIOHUMATE ON THE BIOLOGICAL ACTIVITY OF SOILS UNDER GARDEN PLANTINGS

Currently, environmentally friendly biological preparations are increasingly being used in agriculture; they are capable of improving and accelerating agrochemical, agrophysical, and biological processes in the soil. Among these biopreparations, biohumates — products derived from the processing of organic raw materials and containing humic and fulvic acids, amino acids, and trace elements — deserve special attention. Determining biological activity, including enzyme activity, is an essential part of soil research for garden plantings, since enzyme activity quickly responds to changes occurring in the soil and often changes long before other agrochemical indicators. The aim of the study is to evaluate the effect of Bioterra biohumate on the enzymatic activity of soils in orchard plantings (using the example of the experimental orchard of LLC "Basis", located in the village of Vostochnoye, Kabardino–Balkarian Republic). The studies were conducted in orchard plantings on two types of plots, with different amounts and methods of applying Bioterra biohumate: in a fruit–bearing orchard (applying 50 L/ha via drip irrigation) and on new plantings (applying 0.2 and 1.0 L per planting hole). It was found that the application of Bioterra biohumate reduced the soil pH level by 1% in all experimental variants (towards neutralizing alkalinity, which is beneficial for orchards) and increased the humus content: by 7% (in a fruit–bearing orchard, 50 L/ha), by 24% (0.2 L per hole), and by 28% (1.0 L per hole) compared to the control. The activity of soil enzymes also increased in the fruit–bearing orchard when 50 L/ha was applied — by 5–13 %, when 0.2 L per hole was applied — by 7–24 %, and when 1.0 L per hole was applied — by 9–43 %. The overall relative enzymatic activity of the studied soils increased when Bioterra biohumate was applied: by 8 % (50 L/ha), 16 % (0.2 L per hole), and 26 % (1.0 L per hole). The data obtained indicate an increase in soil fertility and the potential yield of orchards when using Bioterra biohumate.

Key words: enzymatic activity of soils, humus, orchard plantings, Bioterra biohumate.

Предпосылки создания генофондного стада оленей эвенской породы в условиях Магаданской области

УДК 636.294(075.8)

DOI: 10.32935/2221-7312-2026-69-3-56-60

Г. Я. Брызгалов, О. М. Капроска, П. М. Колосов

Магаданский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал ФГБНУ ФИЦ
Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова,
litvinuga@mail.ru

В период масштабных реформ традиционной отрасли коренных малочисленных народов севера, которая до 1991 года успешно развивалась, был нанесен непоправимый урон, поголовье оленей на Северо-Востоке России уменьшилось в 20 раз, утрачена собственная племенная база. Олени сохранились только в самом удаленном районе территории — Северо-Эвенском городском округе. В связи со значительным снижением численности животных и тенденцией дальнейшего сокращения, существует необходимость в сохранении генофонда этой локальной популяции северных оленей эвенской породы. С целью роста поголовья, поддержания биологического разнообразия, обеспечения производственных стад племенным материалом, системного совершенствования селекционно-племенной работы в отрасли требуется создание в Магаданской области генофондного стада по сохранению и разведению животных эвенской породы. Исследования проводились в 2024–2025 гг. Цель исследований заключается в оценке предпосылок для создания генофондного стада оленей эвенской породы в условиях Магаданской области на базе существующих оленеводческих хозяйств: МУСХП «Ирбычан» и КФХ «Коркопский». Объектом изучения являются олени эвенской породы, разводимые в Северо-Эвенском городском округе Магаданской области. В выборке из популяции оленей выявлено 11 фрагментов ДНК, расположенных в геноме между микросателлитами типа AG. Распределение частот встречаемости фрагментов типичное для северных оленей (*Rangifer tarandus* L.). Уровень средней гетерозиготности равен 0,883. Площадь оленьих пастбищ в Северо-Эвенском городском округе составляет 3920 тыс. га с проектной оленеемкостью – 57,5 тыс. голов, что значительно превышает фактическое поголовье. Средняя живая масса полновозрастных быков средней упитанности составляет 127 кг, важенков – 96 кг, 5-6-месячных телят-самцов – 60 кг, самок – 55 кг. Олени стада благополучны по бруцеллезу. Выполняется комплекс мероприятий по профилактике некробактериоза и бронхопневмонии телят. В сентябре проводятся обработки всего поголовья оленей препаратами системного действия против эдемагеноза, цефеномийоза и других паразитарных заболеваний.

Ключевые слова: *Rangifer tarandus* L., эвенская порода, генетическая характеристика, кормовая база, зоотехнический учёт, эпизоотологическое состояние.

Введение

Значение оленеводства для реализации продовольственной программы Крайнего Северо-востока огромно. Вместе с тем, проводимые в 1990-е годы экономические реформы и изменение государственной политики в отношении Севера оленеводство потерпело существенные количественные и структурные изменения. В Чукотском и Корякском автономных округах поголовье оленей сократилось в пять раз, в Магаданской области — в семь раз. Производство товарной продукции прекратилось вообще. В Магаданской области расчётная ёмкость пастбищ превышает 180 тыс. оленей, а фактически существующие пастбища используются на 10%. Из сельхозпредприятий сохранилось только два, в которых имеются 8 тыс. оленей основного стада (МУСХП «Ирбычан» и КФХ «Коркопский»).

Цель работы — установить и оценить на текущий момент предпосылки для дальнейшего развития и создания генофондного стада оленей эвенской породы в условиях Магаданской области на базе существующих оленеводческих хозяйств.

Материал и методы исследования

Объектом изучения являются олени эвенской породы, разводимые в Северо-Эвенского городского округа Магаданской области.

Для генетических исследований в качестве образцов ткани оленей использованы фрагменты ушной раковины (выщипы). Животных отбирали рандомным методом, пробы взяты из разных половозрастных групп — телят, важенков, быков во время убоя оленей на мясо, консервировали холодом и этиловым спиртом. Аналитические работы выполнены в лаборатории ДНК-технологий Всероссийского НИИ племенного дела в соответствии с рекомендациями по использованию PCR в животноводстве.

Расчет генетических характеристик выполнен с помощью стандартных компьютерных программ. На основе популяционных генных частот определяли среднее и эффективное число аллелей на локус MC, информативных аллелей (%), коэффициент гомозиготности, уровень теоретической гетерозиготности [3].

Результаты исследования и их обсуждение

Эвенская порода создана методом массовой селекции. Отбор на племя велся в направлении совершенствования их хозяйственно-полезных качеств, для транспортных целей, нужда традиционного промысла на пушного зверя.

Отличительные признаки: крепкая конституция, вытянутая голова с сильно развитыми рогами; массивный хорошо развитый костяк, высокая холка; длинные, правильно поставленные, с хорошо развитой мускулатурой плечевого и тазового поясов ноги; широкие копыта, приспособленные к добыванию корма из-под глубокого снега в тайге.

Доминирующая масть у взрослых оленей светло-бурая, у новорождённых телят — от тёмно-бурой до тёмно-коричневой. Высота в холке у самцов 109–119 см, у самок — 108–110 см, обхват груди соответственно 127–135 и 117–126, обхват пясти 12,5–13,5 и 51–53 см.

В стадах оленей эвенской породы 28,4% животных представлено эйрисомным, 29,6% — лептосомным, 41% — промежуточным конституционными типами.

Гон животных начинался с половины сентября и заканчивался в октябре. Эвенские олени хорошо приспособлены к условиям содержания в горно-таёжных и лесотундровых районах с богатым содержанием ягельников на пастбищах.

Генетическая характеристика оленей. Исследование генетических показателей оленей эвенской породы проведено по известным методикам [3,6,7]. В последнее время благодаря внедрению современных методов маркерной селекции в животноводство предоставилась возможность их применения для оленеводства Магаданской области [8, 9, 11]. В выборке из популяции оленей Магаданской области выявлено 11 фрагментов ДНК, расположенных в геноме между микросателлитами типа AG. Распределение частот встречаемости фрагментов — типичное для северных оленей (*Rangifer tarandus* L.) [4].

Наиболее часто в геноме встречаются фрагменты средней длины: от 300 до 500 п.н. У 100% исследованных животных присутствуют межмикросателлитные участки ДНК длиной около 300 п.н. (локус 3), 400 п.н. (локус 5) и 500 п.н. (локус 6), характерные для северных оленей. Лocus 7 выявлен у 76 % особей. Из 11 локусов 7 (63,6%) являются информативными для изученной популяции. Наиболее распространены генотипы, имеющие в своем составе локусы 1, 3, 5, 6, 7, и 9. Около 30% выборки животных имеют уникальные генотипы (табл. 1).

Уровень средней гетерозиготности микросателлитной ДНК ($H=0,883$) свидетельствует о значительном генетическом разнообразии соответствующих локусов генома в исследованном стаде оленей. Данный показатель выше, чем в выборках чукотской (0,86) породы. Изучаемая популяция превосходит чукотскую породу по среднему числу аллелей на locus микросателлитов (9,9 против 7,3–8,6) и числу эффективных аллелей на locus (8,5 против 6,7–8,1). Высокий уровень гетерозиготности дает преимущество животным по адаптивным признакам [2, 4, 5].

Гетерогенность приохотской популяции эвенской породы в значительной мере детерминирована особенностями формирования ее генофонда, происходившего в конце 1990-х годов при реструктуризации совхозов на основе соединения трех субпопуляций — Пареньской, Гижигинской и Гармандинской, отличавшихся экологически дифференцированным составом животных. Пареньская субпопуляция находится на границе ареалов эвенского и корякского экотипов, поэтому весьма вероятно имел место обмен мигрантами. Для обогащения аллелофонда стада совхоза «Рассвет Севера» в 1980-х гг. неоднократно пополнялись эвенскими самцами из горно-таежной зоны Якутии. Олени Гармандинской популяции принадлежат к более крупному лесному экотипу. Объединение экологически и генетически разнородного поголовья обеспечило гетерогенность этой локальной популяции оленей эвенской породы [10].

Кормовая база и кормление оленей являются основополагающими для формирования фенотипа и генотипа оленей. Площадь оленьих пастбищ в Северо-Эвенском городском округе составляет 3920 тыс. га с проектной оленеемкостью — 57,5 тыс. голов. В Магаданской области из общего числа флоры сосудистых растений кормовое значение для оленей имеют свыше 200. Это большей частью обычные на пастбищах виды злаков, осоковых, сложноцветных, розоцветных, камнеломковых, бобовых. В конкретных флорах они, как правило, составляют не менее 50%. Большая часть кормовых растений — 80% видов — травянистые многолетники. Полукустарники, кустарнички и кустарники составляют 18%, деревья — 2%. Среди травянистых многолетников по кормовым достоинствам осоковые составляют 16%, злаки — 20% и разнотравье — 64% видов. В течение года

Табл. 1. Частота встречаемости ISSR-маркеров у оленей эвенской породы

Номер локуса	Длина фрагмента, пар нуклеотидов	Порода северных оленей	
		Эвенская n=84	Чукотская n= 160
1	180–210	0,109±0,034	0,153±0,020
2	220–230	0,045±0,022	0,014±0,006
3	240–330	0,152±0,039	0,147±0,019
4	330–350	0,076±0,028	0,049±0,012
5	350–430	0,152±0,039	0,156±0,020
6	440–520	0,152±0,039	0,154±0,020
7	520–570	0,120±0,035	0,148±0,019
8	650–690	0,045±0,022	0,134±0,019
9	700–770	0,098±0,032	0,038±0,010
10	850–980	0,040±0,021	0,006±0,004
11	1100–1300	0,009±0,010	0

зеленые растения – главный источник белковых и минеральных веществ. Основной пищей оленей в летний период служит разнотравье, листья кустарников и кустарничков. Злаки и осоковые растения олени поедают главным образом весной, затем осенью, а осоковые и зимой. Коэффициент переваримости органического вещества зеленых растений у оленей 70–80%, благодаря чему они быстро повышают свою упитанность весной с переходом на зеленый корм. На пастбищах Магаданской области валовые запасы зеленых кормов в пересчете на воздушно-сухую массу колеблются от 1 до 30 ц/га, а хозяйственные запасы — от 0,5 до 4 ц/га.

Из флоры лишайников кормовое значение для оленей имеют свыше 20 видов. Особенно интенсивно лишайники поедаются в период, когда прекращается вегетация у сосудистых растений. Поэтому они занимают значительное место в рационе оленей на поздней осени, зимних и ранневесенних пастбищах. В начале зимы ягель в рационе оленей составляет 23,4%, травянистые зеленые растения – 52,2%, в конце зимы соответственно 25,6% и 50,4% (табл. 2). Основную массу корма образуют всего 7–8 видов кустистых кладоний, цетрарий и пепельников. Лишайники содержат мало зольных элементов и протеина, но много углеводов – 70–90% их абсолютно сухой массы.

При питании только кормовыми лишайниками олени испытывают белково-минеральное голодание и им необходима подкормка. Доступность кормовых растений летом зависит от наличия водопоя, зимой – от плотности и высоты снежного покрова. По данным геоботанических и зоотехнических исследований для оленеводческих бригад установлены нормативы сроков выпаса по сезонам года, норм площади и соотношения зеленых и ягельных кормов в рационе оленя, которыми руководствуются при организации кормления жи-

вотных, в том числе и в Северо-Эвенском городском округе (табл. 3).

В зимне-весенний период животным дают поваренную соль по 5–10 г на голову ежедневно. В период бескормицы, связанной с глубоким снегом, твердым настом или гололедом животным дают подкормку в виде комбикорма. Одному оленю необходимо в сутки 0,2–0,3 кг комбикорма. Из местных кормов в качестве заменителя рыбной муки используется отнерестившийся лосось, вместо поваренной соли – морская вода.

Зоотехнический учет включает месячные, квартальные, полугодовые и годовые отчеты. В него входит оборот стада, сводка о получении продукции, ветеринарный отчет. К отчету прилагают ветеринарные акты на павших и вынужденно убитых животных, ведомость расхода продукции оленеводства, табель работы пастухов, ведомость кормления оленей. В последнюю вносят данные о состоянии оленьих пастбищ, составе и количестве израсходованной по дням белково-минеральной подкормки. В течение календарного года проводятся квартальные просчеты оленей «через калитку» и годовая инвентаризация поголовья по половозрастным группам «через кораль».

Все технологические мероприятия – использование пастбищ, система выпаса, содержание и разведение оленей, разделение стад на плодovou и неплодovou части, учет яловых важенков, проведение отела, выращивание молодняка, бонитировка, мечение животных, отбор, формирование племенного ядра, подготовка и проведение гона, организация группового подбора, косячных случек, приобретение племенных оленей, обмен производителями между стадами, кастрация непригодных для племенных целей самцов, обрезка рогов, белково-минеральные подкормки и др. выполняются в установленные плановые сроки в соответствии с действующим в хозяйстве производственным регламентом. В оленеводстве существует практика мониторинга отела маток по стадам, проведения осенней корализации и хода зимовки [1].

Требованиям первого бонитировочного класса по живой массе соответствуют все половозрастные группы, что свидетельствует об удовлетворительных хозяйственно-полезных свойствах оленей эвенской породы, разводимых в регионе.

Табл. 2. Зимний рацион оленей эвенской породы (%)

Корм	Экстремумы	Среднее значение
Лишайники	14,4–29,8	23,4
Зеленые растения	42,3–62,4	52,2
Ветошь	4,4–12,1	8,2
Мхи	2,8–8,8	6,0
Примеси	1,2–22,3	10,2

Табл. 3. Сроки выпаса и нормы площади для оленей по сезонам года

Сезон выпаса	Календарные сроки выпаса по сезонам года			Нормы площади на 1 оленя, га				Соотношение кормов, %	
	начало	конец	количество дней	на сутки		на сезон			
				мин	макс	мин	макс	ягель	зеленые
Зима	16.11	11.04	147	0,08	0,1	11,76	14,7	75	25
Ранняя весна	12.04	05.06	55	0,04	0,12	2,2	6,6	70	30
Поздняя весна	06.06	07.07	32	0,04	0,12	1,28	3,84	30	70
Лето	08.07	21.08	45	0,17	0,49	7,65	22,05	15	85
Ранняя осень	22.08	10.10	50	0,03	0,15	1,5	7,5	35	65
Поздняя осень	11.10	15.11	36	0,03	0,12	1,08	4,32	70	30

Убойный контингент составляют преимущественно 1,5-летние бычки. Средняя живая масса полновозрастных быков средней упитанности 127 кг, важенков — 96 кг, 5-6-месячных телят-самцов — 60 кг, самок — 45 кг.

При убое взрослых быков средней упитанности получают тушу массой 63–64 кг, важенков — 48–50 кг, средний убойный выход составляет 50–53%.

Эпизоотологическое состояние. Олени стада в Северо-Эвенском районе благополучны по бруцеллезу и другим инфекционным заболеваниям. В летний пастбищный период животных обрабатывают от кровососущих насекомых. Выполняется комплекс мероприятий по профилактике некробактериоза и бронхопневмонии телят. В сентябре проводят обработки всего поголовья оленей препаратами системного действия против эдемагеноза, цефеномийоза и других паразитарных заболеваний. Два раза в год — весной и осенью — выполняются диагностические мероприятия на бруцеллез. Ежеквартально проводится дегельминтизация собак.

Основные причины значительных непроизводительных отходов оленей — экстремальные природные условия Крайнего Севера, большая численность хищных зверей и птиц на территории оленьих пастбищ (волк, медведь, россомаха, лисица, ворон), которые в совокупности наносят громадный ущерб оленеводству.

Выводы

В настоящее время созданы основные предпосылки для дальнейшего развития и создания генофондного

стада оленей эвенской породы в условиях Магаданской области на базе существующих оленеводческих хозяйств МУСХП «Ирбычан» и КФХ «Коркопский»: изучена генетическая структура и дана генетическая характеристика оленей эвенской породы в оленеводческих хозяйствах посредством современных методов маркерной селекции; проведён мониторинг кормовой базы естественных пастбищ и кормления оленей; изучен зимний рацион для оленей в период зимовки; зоотехнический и ветеринарный учёт в хозяйствах соответствует предъявляемым требованиям.

Оленеводческими хозяйствами МУСХП «Ирбычан» и КФХ «Коркопский» будет проведена работа по увеличению доли важенков и нетелей до 50% от общей численности оленей, что позволит в дальнейшем быстрее наращивать поголовье. Выполнение этих мероприятий вышеперечисленными хозяйствами позволит соответствовать установленным требованиям для генофондного хозяйства по разведению северных оленей в таежной пастбищно-географической зоне.

В хозяйствах также будет проведён комплекс зоотехнических и ветеринарных мероприятий, направленных на повышение репродуктивных свойств маток: выбраковка непригодных для воспроизводства животных, профилактика заболеваний, оптимизация полигамии, возрастная ротация маток и производителей, белково-минеральные подкормки в зимне-весенний период.

Литература

1. Брызгалов Г. Я. Генетическая структура популяции северных оленей Магаданской области // Дальневосточный аграрный вестник. 2018. № 3(47) – С. 52–58.
2. Вейр Б. Анализ генетических данных. – М.: Мир. – 1995. – 319 с.
3. Зиновьева Н.А., Попов А.Н., Эрнст Л.К. [и др.] Методические рекомендации по использованию метода полимеразной цепной реакции в животноводстве / Дубровицы: ВИЖ. – 1988. – 47 с.
4. Зиновьева Н.А. [и др.] Введение в молекулярную генную диагностику сельскохозяйственных животных // Дубровицы. – 2002. – 112 с.
5. Зиновьева Н.А., Гладырь Е.А. Генетическая экспертиза сельскохозяйственных животных: применение тест-систем на основе микросателлитов // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – № 09. – С. 19–20.
6. Калашникова Л.А., Дунин И.М., Глазко В.И. Селекция XXI века: использование ДНК-технологий // Московская обл., Лесные поляны, ВНИИплем. – 2000. – 31 с.
7. Крутикова А.А., Дементьева Н.В., Митрофанова О.В. Перспективные гены для улучшения показателей мясной продуктивности в оленеводстве (обзор) // Генетика и разведение животных. – 2017. – №1. – С. 31–35.
8. Максимчик, М. А. Оценка генетического потенциала оленей ненецкой породы с целью создания технологий направленных селекционных процессов в северном оленеводстве / М. А. Максимчик // Известия Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук. Серия «Сельскохозяйственные науки». – 2025. – № 1 (77). – С. 64–74.
9. Матюков В. С., Жариков Я. А. Генетическое разнообразие домашнего северного оленя по маркерам двух типов // Аграрный вестник Урала. 2022. № 11 (226). С. 46–57.
10. Помишин С.Б. Проблема породы и ее совершенствования в оленеводстве // Якутск: Кн. изд-во. – 1981. – 180 с.
11. Семина М.Т., Лайшев К.А., Южаков А.А. и др. Анализ генетического разнообразия и популяционной структуры ненецкой аборигенной породы северных оленей на основе микросателлитных маркеров // Генетика. 2022. Т. 58. №8. С. 954–966.

References

1. Bryzgalov G. Ya. Genetic structure of the reindeer population in the Magadan region // Far Eastern Agrarian Bulletin. 2018. No. 3 (47) – P. 52-58.
2. Weir B. Analysis of genetic data. – Moscow: Mir. – 1995. – 319 p.
3. Zinovieva N.A., Popov A.N., Ernst L.K. [et al.] Methodological recommendations for the use of the polymerase chain reaction method in animal husbandry / Dubrovitsy: VIZh. – 1988. – 47 p.
4. Zinovieva N.A. [et al.] Introduction to molecular gene diagnostics of farm animals // Dubrovitsy. – 2002. – 112 p.
5. Zinovieva N.A., Gladyr E.A. Genetic examination of farm animals: the use of test systems based on microsatellites // Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. – 2011. – No. 09. – P. 19-20.
6. Kalashnikova L.A., Dunin I.M., Glazko V.I. Selection of the 21st century: the use of DNA technologies // Moscow region, Lesnye Polyany, VNIIPlem. – 2000. – 31 p.
7. Krutikova A.A., Dementyeva N.V., Mitrofanova O.V. Promising genes for improving meat productivity in reindeer herding (review) // Genetics and animal breeding. – 2017. – No. 1. – P. 31-35.
8. Maksimchik, M. A. Evaluation of the genetic potential of Nenets reindeer with the aim of creating technologies for targeted selection processes in northern reindeer herding / M. A. Maksimchik // Bulletin of the Komi Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. Series "Agricultural Sciences". – 2025. – No. 1 (77). – P. 64-74.
9. Matyukov V. S., Zharikov Ya. A. Genetic diversity of domestic reindeer by markers of two types // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 11 (226). P. 46-57.
10. Pomishin S.B. The problem of the breed and its improvement in reindeer herding // Yakutsk: Kn. publ. – 1981. – 180 p.
11. Semina M.T., Laishev K.A., Yuzhakov A.A. et al. Analysis of genetic diversity and population structure of the Nenets aboriginal breed of reindeer based on microsatellite markers // Genetics. 2022. Vol. 58. No. 8. Pp. 954-966.

G. Y. Bryzgalov, O. M. Kaproska, P. M. Kolosov

Magadan Scientific Research Institute of Agriculture – branch of the Federal State Budgetary Institution
of the N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources
litvinuga@mail.ru

PREREQUISITES FOR CREATING A GENEFOUND STADO OF EVENK RED DEER IN MAGADAN REGION

During the period of large-scale reforms, the traditional industry of the indigenous peoples of the north, which had thrived until 1991, suffered irreparable damage. The reindeer population in the northeast of the Russian Federation decreased by a factor of 20, and the breeding base was lost. Reindeer remain only in the most remote area of the territory—the Severo-Evensky urban district. Due to the significant decline in numbers and the trend for further decline, it is necessary to preserve the gene pool of this local population of Even reindeer. To increase the herd size, maintain biodiversity, provide production herds with breeding material, and systematically improve selection and breeding efforts in the industry, it is necessary to establish a gene pool herd in the Magadan Region for the conservation and breeding of Even reindeer. The research was conducted in 2024–2025. The objective of this study is to assess the potential for establishing a gene pool herd of Even reindeer in the Magadan Region using existing reindeer herding farms: the Irbychan Municipal Agricultural Enterprise and the Korkopsky Peasant Farm.

*The study focused on Even reindeer bred in the Severo-Evensky Urban District of the Magadan Region. Eleven DNA fragments located between AG-type microsatellites were identified in the reindeer population sample. The fragment frequency distribution is typical for reindeer (*Rangifer tarandus* L.). The average heterozygosity level is 0.883. The area of reindeer pastures in the Severo-Evensky Urban District is 3,920,000 hectares with a design capacity of 57,500 head, significantly exceeding the actual population. The average live weight of mature, moderately fat bulls is 127 kg, does – 96 kg, 5–6-month-old male calves – 60 kg, and females – 55 kg. The reindeer herds are free of brucellosis. A comprehensive program of measures is in place to prevent necrobacteriosis and bronchopneumonia in calves. In September, the entire reindeer population is treated with systemic medications against edemagenosis, cefenomyosis, and other parasitic diseases.*

Key words: *Rangifer tarandus* L., Even breed, genetic characteristics, forage base, zootechnical accounting, epizootiological state.