

Agrarian Bulletin of the North Caucasus

АГРАРНЫЙ ВЕСТНИК СЕВЕРНОГО КАВКАЗА



Том 15 № 4/2025
Vol. 15 № 4/2025

Аграрный вестник Северного Кавказа

Том 15 № 4/2025

Периодичность издания — 4 номера в год

ISSN 2949-4796

УЧРЕДИТЕЛЬ:

ФГБОУ ВО Ставропольский государственный аграрный университет

ТЕРРИТОРИЯ РАСПРОСТРАНЕНИЯ:

Российская Федерация, зарубежные страны

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Квочко Андрей Николаевич

доктор биологических наук, профессор, профессор РАН, заведующий кафедрой физиологии, хирургии и акушерства, Ставропольский государственный аграрный университет

ORCID: 0000-0003-4445-7638

(Ставрополь, Россия)

РЕДАКЦИЯ ЖУРНАЛА

Самойленко И. В. – ответственный редактор

Агаркова М. М. – технический редактор

Рязанова М.Н. – выпускающий редактор

Шулякова Е. А. – корректор

АДРЕС: 355017, г. Ставрополь,

пер. Зоотехнический, 12

ТЕЛ. +7 (906) 479-05-79

ЭЛ. ПОЧТА: vapk@stgau.ru

ОФИЦИАЛЬНЫЙ САЙТ УЧРЕДИТЕЛЯ: www.stgau.ru

ОФИЦИАЛЬНЫЙ САЙТ РЕДАКЦИИ: www.vapk26.ru

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций. Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС 77-85520 от 11.07.2023

ТИРАЖ: 300 экз.

Индекс журнала в Объединенном каталоге.

«ПРЕССА РОССИИ».

Газеты и журналы:

Э83308

Agrarian Bulletin of the North Caucasus

Vol. 15 No 4/2025

The publication is released quarterly

ISSN 2949-4796

FOUNDER:

Stavropol State Agrarian University

AREA DISTRIBUTION:

Russia and other countries

EDITOR-IN-CHIEF

Andrey V. Kvochko

Dr. Sci. (Biol.), Prof.,

Head of the Department of Physiology,

Surgery and Obstetrics,

Stavropol State Agrarian University

ORCID: 0000-0003-4445-7638

(Stavropol, Russia)

EDITORIAL TEAM

Samoylenko I. V. – Executive Editor

Agarkova M. M. – Technical Editor

Ryazanova M. N. – Publishing Editor

Shulyakova E. A. – Corrector

ADDRESS: 355017, Stavropol, Zootechnical Lane, 12

TEL. +7 (906) 479-05-79

E-MAIL: vapk@stgau.ru

FOUNDER WEBSITE: www.stgau.ru

JOURNAL WEBSITE: www.vapk26.ru

The Journal is registered by the Federal Service for Supervision in the Sphere of Communication, Information Technologies and Mass Media.

The Mass Media Registration Certificate PI

№ FS77-85520 July 11, 2023

CIRCULATION: 300 copies

Index of the subscription to the Combined

Catalog. «PRESS OF RUSSIA».

Newspapers and journals:

E83308

Аграрный вестник Северного Кавказа

Научный рецензируемый журнал

Аграрный вестник Северного Кавказа является рецензируемым научным журналом открытого доступа.

Предметное поле журнала охватывает направления, связанные с устойчивым развитием сельского хозяйства, включая:

- разведение, селекцию и генетику животных;
- ветеринарную медицину;
- технологии кормления и производства продукции животноводства;
- инновационные разработки в области агрохимии, почвоведения, садоводства и земледелия;
- экологические аспекты производства, хранения и переработки сельскохозяйственной продукции;
- селекцию и генетику агрокультур;
- применение интеллектуальных технологий и цифровых решений в сельском хозяйстве.

Особое внимание уделяется адаптации этих направлений к специфическим условиям Северного Кавказа как региона с уникальным агроклиматическим потенциалом, требующим особых подходов к обеспечению устойчивости сельского хозяйства.

Целью журнала является публикация оригинальных исследований и обзорных статей, направленных на изучение новых технологий и методов по решению комплексных задач, способствующих устойчивому развитию аграрного сектора.

Журнал нацелен на российских и зарубежных ученых, практиков, специалистов, аспирантов и студентов для публикации фундаментальных и прикладных региональных, национальных и международных исследований, направленных на повышение уровня знаний и практических навыков в области сельского хозяйства.

Является членом Ассоциации научных редакторов и издателей (АНРИ) и Agricultural Research Information System (AGRIS).

Входит в Белый список научных журналов России (3-й уровень).

Зарегистрирован в перечне Высшей аттестационной комиссии рецензируемых научных изданий (Категория 2).

Индексируется и архивируется в Российском индексе научного цитирования (РИНЦ).

Материалы журнала доступны по лицензии Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная



Agrarian Bulletin of the North Caucasus

Peer-Reviewed Scientific Journal

Agrarian Bulletin of the North Caucasus is an open-access peer-reviewed journal.

The subject area covers fields related to sustainable agricultural development, including:

- animal breeding, selection and genetics;
- veterinary medicine; feeding technologies and livestock production;
- innovative technologies in agrochemistry, soil science and horticulture;
- environmental aspects of agricultural production, storage and processing;
- crop selection and genetics;
- smart technologies and digital solutions in agriculture.

Special attention is paid to adapting these areas to the specific conditions of the North Caucasus as a region with unique agroclimatic potential, requiring specific approaches to ensuring agricultural sustainability.

The purpose of the journal is to publish reviews and original research articles aimed at studying new technologies and methods for sustainable development of the agricultural sector.

The journal is aimed at scientists, practitioners, specialists, postgraduates and students for the publication of fundamental and applied regional, national and international research aimed at improving the level of knowledge and practical skills in agriculture.

The journal is a member of Association of Scientific Editors and Publishers (ASEP) and Agricultural Research Information System (AGRIS).

Included in Russian White List of journals (3 level).

The journal is registered in the list of the Higher Attestation Commission of peer-reviewed scientific publications (Category 2).

Indexed and archived in the Russian Index Science Citation.

The materials are available under license Creative Commons «Attribution» 4.0 International



РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

**Квочко
Андрей Николаевич** доктор биологических наук, профессор, профессор РАН, заведующий кафедрой физиологии, хирургии и акушерства, Ставропольский государственный аграрный университет ORCID: 0000-0003-4445-7638 (Ставрополь, Россия)

ОТВЕТСТВЕННЫЙ РЕДАКТОР

**Самойленко
Ирина Владимировна** кандидат технических наук, Ставропольский государственный аграрный университет ORCID: 0000-0001-6907-1403 (Ставрополь, Россия)

ТЕХНИЧЕСКИЙ РЕДАКТОР

**Агаркова
Маргарита Михайловна** Ставропольский государственный аграрный университет ORCID: 0009-0000-9307-3804 (Ставрополь, Россия)

ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОГО СОВЕТА

**Белова
Лариса Михайловна** доктор биологических наук, профессор, Санкт-Петербургская государственная академия ветеринарной медицины ORCID: 0000-0003-4473-1940 (Санкт-Петербург, Россия)

**Белоус
Оксана Геннадьевна** доктор биологических наук, доцент, федеральный исследовательский центр «Субтропический научный центр Российской академии наук» ORCID: 0000-0001-5613-7215 (Сочи, Россия)

**Гулюкин
Михаил Иванович** академик РАН, доктор ветеринарных наук, профессор, Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии имени К. И. Скрябина и Я. Р. Коваленко РАН ORCID: 0000-0002-7489-6175 (Москва, Россия)

**Епимахова
Елена Эдугартовна** доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Ставропольский государственный аграрный университет ORCID: 0000-0003-4216-1286 (Ставрополь, Россия)

**Есаулко
Александр Николаевич** доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор РАН, Ставропольский государственный аграрный университет ORCID: 0000-0003-0441-9055 (Ставрополь, Россия)

**Злыднев
Николай Захарович** доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Ставропольский государственный аграрный университет ORCID: 0000-0001-5216-8559 (Ставрополь, Россия)

**Ильина
Лариса Александровна** доктор биологических наук, профессор, Санкт-Петербургский государственный аграрный университет ORCID: 0000-0003-2789-4844 (Санкт-Петербург, Россия)

**Кочиш
Иван Иванович** академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии им. К. И. Скрябина ORCID: 0000-0001-8892-9858 (Москва, Россия)

**Кощаев
Андрей Георгиевич** академик РАН, доктор биологических наук, профессор, Кубанский государственный аграрный университет им. И. Т. Трубилина ORCID: 0000-0002-3904-2860 (Краснодар, Россия)

**Морозов
Виталий Юрьевич** доктор ветеринарных наук, доцент, Санкт-Петербургский государственный аграрный университет ORCID: 0000-0002-3688-1546 (Санкт-Петербург, Россия)

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Ожередова Надежда Аркадьевна	доктор ветеринарных наук, профессор, Ставропольский государственный аграрный университет ORCID: 0000-0002-1939-5925 (Ставрополь, Россия)
Олейник Сергей Александрович	доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Ставропольский государственный аграрный университет ORCID: 0000-0002-6003-4777 (Ставрополь, Россия)
Племяшов Кирилл Владимирович	член-корреспондент РАН, доктор ветеринарных наук, профессор, Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины ORCID: 0000-0002-3658-5886 (Санкт-Петербург, Россия)
Подколзин Олег Анатольевич	доктор сельскохозяйственных наук, член-корреспондент РАН, Центр агрохимической службы «Краснодарский» ORCID: 0000-0002-4962-7678 (Краснодар, Россия)
Ражабов Тошпулот Файзуллоевич	кандидат биологических наук, доцент, Самаркандский государственный университет им. Шарофа Рашидова ORCID: 0000-0003-2859-5694 (Самарканд, Узбекистан)
Скрипкин Валентин Сергеевич	доктор биологических наук, профессор, Ставропольский государственный аграрный университет ORCID: 0000-0001-8492-0282 (Ставрополь, Россия)
Сотникова Лариса Федоровна	доктор ветеринарных наук, профессор, Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ) ORCID: 0000-0001-7138-6463 (Москва, Россия)
Сунайна Сингх	PhD, Индийское общество генетических ресурсов растений, Европейская ассоциация научных редакторов ORCID: 0000-0002-3514-6806 (Индия)
Сычев Виктор Гаврилович	академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии им. Д. Н. Прянишникова ORCID: 0000-0002-2146-5646 (Москва, Россия)
Трухачев Владимир Иванович	академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, доктор экономических наук, профессор, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева ORCID: 0000-0002-4650-1893 (Москва, Россия)
Цховребов Валерий Сергеевич	доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Ставропольский государственный аграрный университет (Ставрополь, Россия)
Шкуратова Ирина Алексеевна	член-корреспондент РАН, доктор ветеринарных наук, профессор, Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения РАН ORCID: 0000-0003-0025-3545 (Екатеринбург, Россия)
Шутко Анна Петровна	доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Ставропольский государственный аграрный университет ORCID: 0000-0002-3517-257X (Ставрополь, Россия)

EDITOR-IN-CHIEF

Andrey N. Kvochko Dr. Sci. (Biol.), Prof., Head of the Department of Physiology, Surgery and Obstetrics, Stavropol State Agrarian University ORCID: 0000-0003-4445-7638 (Stavropol, Russia)

EXECUTIVE EDITOR

Irina V. Samoylenko Cand. Sci. (Tech.), Stavropol State Agrarian University ORCID: 0000-0001-6907-1403 (Stavropol, Russia)

EDITOR

Margarita M. Agarkova Stavropol State Agrarian University ORCID: 0009-0000-9307-3804 (Stavropol, Russia)

MEMBERS OF THE EDITORIAL BOARD

Larisa M. Belova Dr. Sci. (Biol.), Prof., Saint-Petersburg State Academy of Veterinary Medicine ORCID: 0000-0003-4473-1940 (Saint-Petersburg, Russia)

Oksana G. Belous Dr. Sci. (Biol.), Assoc. Prof., Subtropical Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences ORCID: 0000-0001-5613-7215 (Sochi, Russia)

Mikhail I. Gulyukin Academician of RAS, Dr. Sci. (Vet.), Prof., II-Russian Research Institute of Experimental Veterinary Medicine named after K. I. Skryabin and Ya. R. Kovalenko RAS ORCID: 0000-0002-7489-6175 (Moscow, Russia)

Elena E. Epimakhova Dr. Sci. (Agric.), Prof., Stavropol State Agrarian University ORCID: 0000-0003-4216-1286 (Stavropol, Russia)

Aleksandr N. Esaulko Dr. Sci. (Agric.), Prof. of RAS, Stavropol State Agrarian University ORCID: 0000-0003-0441-9055 (Stavropol, Russia)

Nikolay Z. Zlydnev Dr. Sci. (Agric.), Prof., Stavropol State Agrarian University ORCID: 0000-0001-5216-8559 (Stavropol, Russia)

Larisa A. Ilina Dr. Sci. (Biol.), Prof., Saint-Petersburg State Agrarian University ORCID: 0000-0003-2789-4844 (Saint-Petersburg, Russia)

Ivan I. Kochish Academician of RAS, Dr. Sci. (Agric.), Prof., Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology named after K. I. Skryabin ORCID: 0000-0001-8892-9858 (Moscow, Russia)

Andrey G. Koshchaev Academician of RAS, Dr. Sci. (Biol.), Prof., Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilina ORCID: 0000-0002-3904-2860 (Krasnodar, Russia)

Vitaly Yu. Morozov Dr. Sci. (Vet.), Assoc. Prof., Saint-Petersburg State Agrarian University ORCID: 0000-0002-3688-1546 (Saint-Petersburg, Russia)

Nadezhda A. Ozheredova Dr. Sci. (Vet.), Prof., Stavropol State Agrarian University ORCID: 0000-0002-1939-5925 (Stavropol, Russia)

Sergey A. Oleynik Dr. Sci. (Agric.), Prof., Stavropol State Agrarian University ORCID: 0000-0002-6003-4777 (Stavropol, Russia)

EDITORIAL BOARD

Kirill V. Plemyashov	Corresponding Member of RAS, Dr. Sci. (Vet.), Prof., Saint-Petersburg State University of Veterinary Medicin ORCID: 0000-0002-3658-5886 (Saint-Petersburg, Russia)
Oleg A. Podkolzin	Corresponding Member of RAS, Dr. Sci. (Agric.), Krasnodar Center for Agrochemical Service ORCID: 0000-0002-4962-7678 (Krasnodar, Russia)
Toshpulot F. Rajabov	Cand. Sci. (Biol.), Samarkand State University named after Sharof Rashidov ORCID: 0000-0003-2859-5694 (Samarkand, Uzbekistan)
Valentin S. Skripkin	Dr. Sci. (Biol.), Prof., Stavropol State Agrarian University ORCID: 0000-0001-8492-0282 (Stavropol, Russia)
Larisa F. Sotnikova	Dr. Sci. (Vet.), Prof., Russian Biotechnological University (BIOTECH University) ORCID: 0000-0001-7138-6463 (Moscow, Russia)
Sunaina Singh	PhD, Indian Society of Plant Genetic Resources, European Association of Science Editors ORCID: 0000-0002-3514-6806 (India)
Viktor G. Sychev	Academician of RAS, Dr. Sci. (Agric.), Prof., All-Russian Research Institute of Agrochemistry named after D. N. Pryanishnikov ORCID: 0000-0002-2146-5646 (Moscow, Russia)
Vladimir I. Trukhachev	Academician of RAS, Dr. Sci. (Agric.), Dr. Sci. (Econ.), Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K. A. Timiryazev ORCID: 0000-0002-4650-1893 (Moscow, Russia)
Valery S. Tskhovrebov	Dr. Sci. (Agric.), Prof., Stavropol State Agrarian University (Stavropol, Russia)
Irina A. Shkuratova	Corresponding Member of RAS, Dr. Sci. (Vet.), Prof., Ural Federal Agrarian Research Center of the Ural Branch of the RAS ORCID: 0000-0003-0025-3545 (Ekaterinburg, Russia)
Anna P. Shutko	Dr. Sci. (Agric.), Prof., Stavropol State Agrarian University ORCID: 0000-0002-3517-257X (Stavropol, Russia)

СОДЕРЖАНИЕ

Инфекционные болезни и иммунология животных

А.Д. Алексеев

Влияние растительно-тканевого препарата на иммунометаболические показатели лошадей, содержащихся в зоне Восточно-Уральского радиоактивного следа 10

Разведение, селекция, генетика и биотехнология животных

Д.Е. Баранова, А.Ю. Криворучко, О.А. Язык, Н.Г. Лиховид

Новые полиморфизмы гена *CNTN3*, ассоциированные с показателями мясной продуктивности у овец породы манычский меринос 24

Земледелие, растениеводство, садоводство

А.В. Новикова

Анализ взаимосвязи показателей безопасности кормов с условиями хранения растениеводческого сырья 34

Агрохимия, агропочвоведение, защита растений

В.С. Цховребов, А.М. Вовк

Сезонная динамика питательных элементов в чернозёме выщелоченном при внесении фосфатных удобрений в посевах подсолнечника и условий Ставропольской возвышенности 47

А.А. Абрамова, И.Х. Вафин, Н.А. Медведев, Р.И. Сафин

Совершенствование системы защиты яровой пшеницы с учетом мониторинга динамики листостебельных микозов и применения биопрепаратов в Республике Татарстан, Россия 56

Т.Н. Чурилина

Энтомопатогенные нематоды (*Steinernema Feltiae* Filipjev) в защите смородины черной от смородинной узкотелой златки (*Agrilus Ribesi* Shafer). 69

А.Ю. Ожередова, А.А. Грищенко, Е.В. Письменная, А.В. Лошаков

Эффективность комбинации гербицида и минеральных удобрений в повышении урожайности и сахаристости корнеплодов сахарной свеклы в условиях зоны неустойчивого увлажнения 79

Селекция, генетика агрокультур

В.Д. Бемова, В.А. Гаврилова, Т.В. Якушева, И.В. Варганова, Н.В. Лебедева

Новый сорт арахиса (*Arachis hypogaea* L.) «Виктория» 90

CONTENTS

Infectious Diseases and Immunology of Animals

Anatoliy D. Alekseev

- Effect of a plant-tissue preparation on the immunometabolic parameters of horses kept in the East Ural Radioactive Trace Zone 11

Animal Breeding, Selection, Genetics and Biotechnology

Daria E. Baranova, Aleksandr Yu. Krivoruchko, Olesya A. Yatsyk, Natalya G. Likhovid

- New *CNTN3* gene polymorphisms associated with meat productivity indicators in Manychsky Merino sheep 25

Agriculture Crops, Horticulture

Alla V. Novikova

- Analysis of the relationship between feed safety indicators and storage conditions of crop raw materials 35

Agrochemistry, Agro-Soil Science, Plant Protection

Valery S. Tskhovrebov, Andrey M. Vovk

- Seasonal dynamics of nutrients in leached chernozem under phosphate fertilizer application in sunflower crops in the conditions of the Stavropol Upland 48

Arina A. Abramova, Ilshat Kh. Vafin, Nikita A. Medvedev, Radik I. Safin

- Improving the spring wheat protection system through monitoring the dynamics of leaf and stem mycoses and application of biological preparations in the Republic of Tatarstan, Russia 57

Tatiana N. Churilina

- Entomopathogenic nematodes *Steinernema Feltiae* Filipjev in the protection of blackcurrant against *Agrilus Ribesi* Shafer 70

Alena Yu. Ozheredova, Anastasia A. Grishchenko, Elena V. Pismennaya, Alexander V. Loshakov

- Effect of herbicide and mineral fertilizer combination on enhancing yield and sugar content of sugar beet roots under unstable moisture conditions 80

Crop Selection and Genetics

Viktoria D. Bemova, Vera A. Gavrilova, Tamara V. Yakusheva, Irina V. Varganova, Natalia V. Lebedeva

- New "Viktoriya" peanut cultivar (*Arachis hypogaea* L.) 91

<https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-4-10-23>

Влияние растительно-тканевого препарата на иммунометаболические показатели лошадей, содержащихся в зоне Восточно-Уральского радиоактивного следа

КОРРЕСПОНДЕНЦИЯ:

Анатолий Дмитриевич
Алексеев
E-mail: alexeevbest@mail.ru

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Алексеев А.Д.
Влияние растительно-тканевого препарата на иммунометаболические показатели лошадей, содержащихся в зоне Восточно-Уральского радиоактивного следа. Аграрный вестник Северного Кавказа. 2025;15(4):10-23.

<https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-4-10-23> EDN NTZMZI

ПОСТУПИЛА: 27.08.2025

ДОРАБОТАНА: 10.11.2025

ПРИНЯТА: 12.11.2025

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ:

автор сообщает об отсутствии конфликта интересов.

COPYRIGHT: © 2025 Алексеев А.Д.



А.Д. Алексеев

Независимый исследователь

АННОТАЦИЯ

ВВЕДЕНИЕ. Воздействие человека на природу негативно сказывается на здоровье животных и их продуктивности. Несмотря на имеющиеся решения по применению иммунометаболических средств, их использование не всегда учитывает совместный эффект воздействия различных антропогенных факторов на иммунный статус и обмен веществ животных, что требует разработки новых комплексных решений.

ЦЕЛЬ. Изучить роль негативных антропогенных факторов окружающей среды в патогенезе инфекционных болезней животных, а также разработать методы коррекции их совокупного негативного воздействия на иммунитет и метаболические процессы в организме животных с применением растительно-тканевого препарата «Видорал».

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Объектом исследования были рабочие беспородные лошади, содержащиеся в одном из хозяйств Камышловского района Свердловской области в России, расположенных в зоне Восточно-Уральского радиоактивного следа (ВУРС). Исследование проводилось на основе анализа официальных данных Государственных докладов о состоянии окружающей среды Свердловской области (2010–2024 гг.) и более 250 научных публикаций, посвященных влиянию антропогенных факторов на патогенез болезней животных. Оценку эффективности применения иммунометаболического растительно-тканевого препарата «Видорал» с целью повышения иммунного статуса, оптимизации обменных процессов и повышения сохранности животных проводили по морфологическим, гематологическим, биохимическим и иммунологическим показателям организма лошадей.

РЕЗУЛЬТАТЫ. Применение разработанного препарата «Видорал» показало корректировку негативного воздействия антропогенных факторов окружающей среды, а именно: нормализацию скорости оседания эритроцитов, минерального обмена веществ, функции печени и почек, а также повышение иммунного статуса у лошадей. Препарата продемонстрировал высокую эффективность, оказывая нефропротективное, гепатопротективное и противовоспалительное действие.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Результаты исследования имеют практическую ценность для агропромышленного комплекса в экологически неблагополучных регионах, поскольку предлагают готовое решение для повышения продуктивного здоровья животных.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: негативные антропогенные факторы окружающей среды, иммунометаболический растительно-тканевой препарат «Видорал», патогенез инфекционных болезней, коррекция иммунитета, нормализация обмена веществ у лошадей, противовоспалительный препарат

<https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-4-10-23>

Effect of a plant-tissue preparation on immunometabolic parameters in horses kept within the East Ural Radioactive Trace zone

CORRESPONDENCE:

Anatoliy D. Alekseev

E-mail: alekseevbest@mail.ru

FOR CITATION:

Alekseev A.D.

Effect of a plant-tissue preparation on the immunometabolic parameters of horses kept in the East Ural Radioactive Trace Zone. *Agrarian Bulletin of the North Caucasus*. 2025;15(4):10-23.

<https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-4-10-23> EDN NTZMZI

RECEIVED: 27.08.2025

REVISED: 10.11.2025

ACCEPTED: 12.11.2025

DECLARATION OF COMPETING INTEREST:

none declared.

COPYRIGHT: © 2025 Alekseev A.D.



Anatoliy D. Alekseev 

Independent researcher

ABSTRACT

INTRODUCTION. Human impact on the environment negatively affects animal health and productivity. Despite existing solutions involving the use of immunometabolic agents, their application does not always account for the combined effect of various anthropogenic factors on the immune status and metabolism of animals, necessitating the development of new comprehensive approaches.

AIM. To investigate the role of negative anthropogenic environmental factors in the pathogenesis of infectious diseases in animals and to develop methods for correcting their cumulative negative impact on immunity and metabolic processes using Vidoral plant-tissue preparation.

MATERIALS AND METHODS. The study involved working crossbred horses from a farm in the Kamyshlov district of the Sverdlovsk Region, Russia, located within the East Ural Radioactive Trace (EURT) zone. The research was based on the analysis of official data from State Reports on the Environmental Conditions of the Sverdlovsk Region (2010–2024) and over 250 scientific publications dedicated to the influence of anthropogenic factors on the pathogenesis of animal diseases. The efficacy of the immunometabolic Vidoral preparation for enhancing immune status, optimizing metabolic processes, and improving animal survival rates was assessed through morphological, haematological, biochemical, and immunological parameters in the horses.

RESULTS. The administration of the developed Vidoral preparation demonstrated a corrective effect on the negative impact of anthropogenic environmental factors, namely: normalization of erythrocyte sedimentation rate, mineral metabolism, liver and kidney function, as well as enhancement of the immune status in horses. The preparation showed high efficacy, exhibiting nephroprotective, hepatoprotective, and anti-inflammatory actions.

CONCLUSION. The study results are of practical importance for the agricultural sector in environmentally compromised regions, as they provide a ready-to-implement solution for enhancing the productive health of livestock.

KEYWORDS: negative anthropogenic environmental factors, Vidoral immunometabolic plant-tissue preparation, infectious disease pathogenesis, immune correction, equine metabolism normalization, anti-inflammatory agent

ВВЕДЕНИЕ

Негативные антропогенные факторы окружающей среды – это неблагоприятное влияние всех видов деятельности человека, выражющееся в изменении литосферы и гидросферы, загрязнении биосферы веществами, энергиями, излучениями, макро- и микроорганизмами, а также продуктами их метаболизма, образующимися в результате воздействия человека на окружающую среду; перемещении загрязнителей из одной экосистемы в другую; создании стрессоров, ухудшающих условия существования естественных биотических сообществ и отрицательно влияющих на здоровье человека и животных. Данные факторы принимают непосредственное участие в патогенезе инфекционных заболеваний животных, оказывая на организм токсическое действие, в первую очередь иммунотоксическое¹ [1]. Кроме того, при интоксикации организма, несбалансированном кормлении, неудовлетворительных условиях содержания возникают нарушения гемопоэза и метаболических процессов, что ведет к возникновению иммуносупрессии и иммунодефицитным состояниям и влечет снижение общей резистентности организма животного² [2–5]. Канцерогенное действие негативных антропогенных факторов окружающей среды приводит к опухолевым новообразованиям и, как следствие, к снижению резистентности организма³. [6] Воздействуя на репродуктивные функции организма животных, негативные антропогенные факторы окружающей среды способствуют рождению нежизнеспособного и ослабленного потомства с первичными иммунодефицитами, что в дальнейшем приводит к снижению резистентности организма потомков⁴ [7; 8]. Вместе с тем велика негативная роль антропогенных стрессовых факторов [9; 10] – гормоны кортизол и тестостерон, вырабатываемые при стрессе, обладают иммуносупрессивным действием⁵ [11–13].

Перемещение человеком зараженных инфекционными заболеваниями животных, пищевых продуктов животного происхождения и кормов, контактированных патогенной и условно-патогенной микрофлорой, ведет к распространению, в том числе трансграничному, возбудителей инфекций [14–17].

Схематично роль негативных антропогенных факторов окружающей среды в патогенезе инфекционных болезней животных представлена на рисунке 1.

Несмотря на большое внимание исследователей к изучению воздействия негативных антропогенных факторов окружающей среды на организм животных и влияния их на патогенез инфекционных заболеваний, нами установлено, что подавляющее большинство авторов в своих статьях рассматривают влияние на организм животных одного-двух или ограниченного числа негативных антропогенных факторов окружающей среды. При этом негативное влияние не ограничивается только этими факторами, а имеет комплексный характер, то есть на организм животного одновременно действуют сразу несколько негативных антропогенных факторов. В данной статье нами рассмотрено комплексное воздействие негативных антропогенных факторов окружающей среды на примере лошадей, содержащихся в хозяйстве, находящемся в зоне Восточно-Уральского радиоактивного следа (ВУРС) на территории Свердловской области, Россия.

Цель исследования – изучить роль негативных антропогенных факторов окружающей среды в патогенезе инфекционных болезней лошадей, а также разработать методы коррекции их комплексного негативного воздействия на иммунитет и метаболические процессы в организме животных с применением растительно-тканевого препарата «Видорал».

¹ Миахутдинов А.В. Токсикологическая экология. СПб. : Лань. 2022;308 с.

² Терентьев С.С., Елизарова Е.А., Кляпнев А.В. и др. Ветеринарная экологическая токсикология. Нижний Новгород : Нижегородский ГАТУ. 2023; 84 с.

³ Миахутдинов А.В. Токсикологическая экология. 308 с.

⁴ Там же.

⁵ Сахно Н.В., Тимохин О.В., Ватников Ю.А. и др. Основы общей и ветеринарной экологии. Техногенные болезни животных. СПб. : Лань. 2025. 372 с.

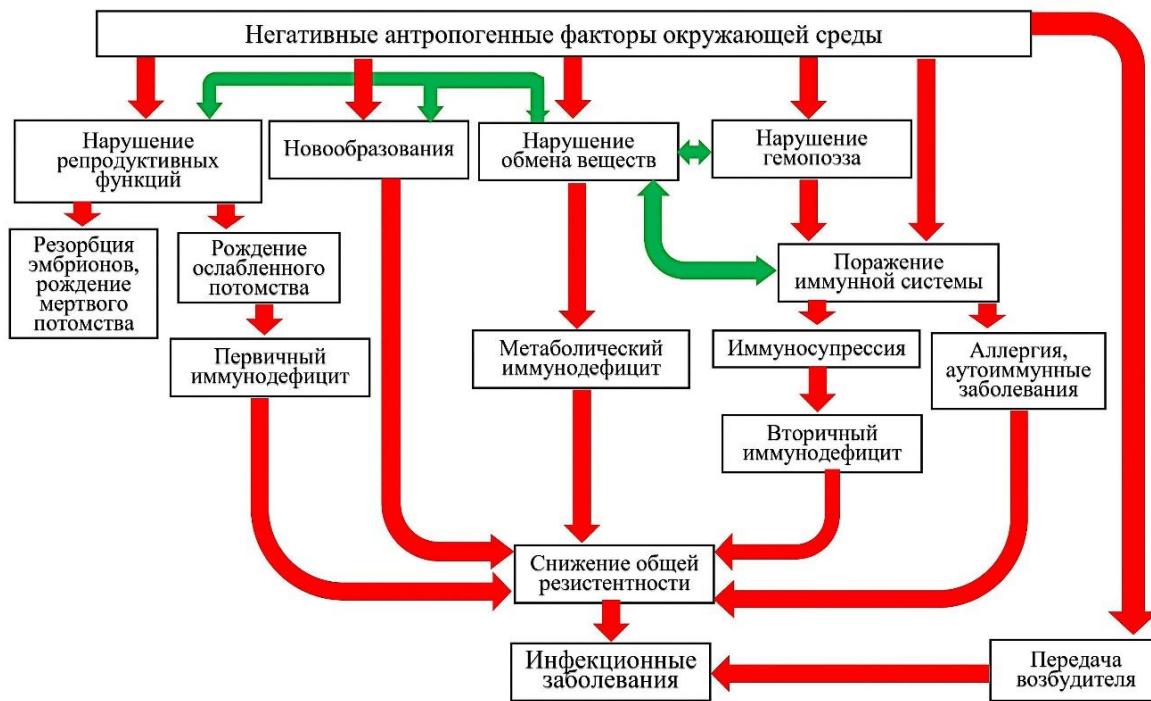


Рисунок 1

Роль негативных антропогенных факторов окружающей среды в патогенезе инфекционных болезней животных

Figure 1

The role of negative anthropogenic environmental factors in the pathogenesis of infectious diseases of animals

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Этические аспекты

Исследование проводилось с соблюдением всех этических норм, регулирующих работу с животными.

Организация и условия эксперимента

Производственное испытание иммунометаболического растительно-тканевого препарата «Видорал» проводилось в одном из хозяйств Камышловского района Свердловской области, подведомственных Главному управлению Федеральной службы исполнения наказаний по Свердловской области, находящихся в зоне ВУРС. Ранее в хозяйстве были зарегистрированы инфекционная анемия лошадей (инан) и лептоспироз лошадей. На момент проведения испытания растительно-тканевого препарата «Видорал» инфекционные заболевания лошадей и других видов животных в хозяйстве не выявлены. Объектом исследований были рабочие беспородные

лошади возрастом 1,5–5 лет. Содержание лошадей в хозяйстве соответствовало требованиям статей 13 и 18 Закона Российской Федерации от 14.05.1993 № 4979-И «О ветеринарии». Кормление осуществлялось кормами собственного производства по рационам, составленным главным зоотехником хозяйства.

Материалы

С целью коррекции влияния негативных антропогенных факторов окружающей среды на организм животных, для повышения иммунного статуса и нормализации метаболических процессов в организме животных нами был разработан растительно-тканевой препарат «Видорал», который содержит:

- «Виватон» ветеринарный безаммиачный выветренный (ТУ 112-84-803-3615-001-13) – 10 %;
- алоэ экстракт жидкий для инъекций (регистр. № ЛП-001319 от 02.12.11) – 6 %;
- АСД-2 фракция (ТУ-10-19-73-89) – 4 %;
- натрия хлорид 0,9 % – до 100 % ⁶.

⁶ Петрова О.Г., Алексеев А.Д., Одегов Е.С. Патент RU 2 625 022 C2 от 11.07.2017 «Способ выращивания телят в хозяйствах, не благополучных по ОРВИ».

В предыдущих исследованиях нами была оценена эффективность применения растительно-тканевого препарата «Видорал» для повышения иммунного статуса и нормализации обменных процессов крупного рогатого скота и свиней^{7, 8}. Полученные результаты дали основания утверждать, что растительно-тканевой препарат «Видорал» обладает иммуномодулирующими и противовоспалительными свойствами, нормализует обменные процессы в организме коров, телят, поросят и свиней. Оценку эффективности применения иммунометаболического растительно-тканевого препарата «Видорал» с целью оптимизации обменных процессов, повышения сохранности лошадей проводили по морфологическим, гематологическим, биохимическим и иммунологическим показателям организма лошадей.

Методы

С целью изучения влияния негативных антропогенных факторов окружающей среды на патогенез инфекционных болезней животных проведен анализ более 250 публикаций в рецензируемых научных изданиях (РИНЦ, PubMed, Scopus и Web of Science).

Иммунологические, гематологические и биохимические исследования крови лошадей проводились в лаборатории ФГБНУ Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук (ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН).

Гематологические исследования выполнены на анализаторе «Abacus Junior Vet» фирмы «Diatron» (Австрия) согласно рекомендациям производителя. Лейкоцитарную формулу процентного соотношения клеток подсчитывали в мазках крови, окрашенных по Романовскому-Гимзе, учет проводили с использованием микроскопа MC 50 (MICROS, Австрия).

Биохимические исследования сыворотки крови лошадей проводили кинетическими, ко-

лориметрическими и турбидиметрическими методами исследований на автоматическом биохимическом анализаторе «ChemWellCombi» фирмы «AwavenessTechnology» (USA) согласно рекомендациям производителя. Наборы реактивов фирмы «VitalDiagnosticsSpb», «Diasys» (Германия).

Иммунологические параметры крови определяли в соответствии с методическими указаниями «Панель наиболее информативных тестов для оценки резистентности животных»⁹. Реакции клеточного звена иммунитета учитывали с использованием микроскопа MC 50 (MICROS, Австрия), центрифуги «Dastan» лабораторной клинической ОПн-3.04.

Использовался статистический метод – данные Государственных докладов «О состоянии окружающей среды на территории Свердловской области» за период 2010–2024 годов, размещенных на официальном сайте Министерства природных ресурсов и экологии Свердловской области¹⁰.

Процедура исследования

По принципу аналогов были сформированы 2 группы лошадей (контрольная и опытная) по 5 голов в каждой. Условия кормления, содержания и ухода за животными опытной и контрольных групп были идентичными. Животным опытной группы однократно был подкожно введен иммунометаболический растительно-тканевой препарат «Видорал» в дозе 0,025 мл/кг живой массы.

В период опыта животных содержали на рационах, сбалансированных по основным питательным веществам, макро- и микроэлементам, витаминам А, Д, Е.

Кровь для исследования брали от лошадей контрольной и опытной групп до начала экспериментальной работы и через 21 день. Исследовались морфологические признаки организма лошадей, а также иммунологические, гематологические и биохимические показатели крови лошадей.

⁷ Петрова О.Г., Алексеев А.Д., Одегов Е.С. Патент RU 2 625 022 C2 от 11.07.2017 «Способ выращивания телят в хозяйствах, не благополучных по ОРВИ».

⁸ Петрова О.Г., Алексеев А.Д., Москвин В.Д., Мильштейн И.М., Барашкин М.И. Патент RU 2 780 858 C1 от 04.10.2022 «Способ выращивания поросят в хозяйствах, не благополучных по гемофилезному полисерозиту».

⁹ Методические указания «Панель наиболее информативных тестов для оценки резистентности животных», (Новосибирск, 2007).

¹⁰ Государственные доклады о состоянии окружающей среды на территории Свердловской области. Министерство природных ресурсов и экологии Свердловской области. Официальный сайт. [процитировано 25 июля 2025]. Доступно: URL: <https://mprso.midural.ru/activity/627/>

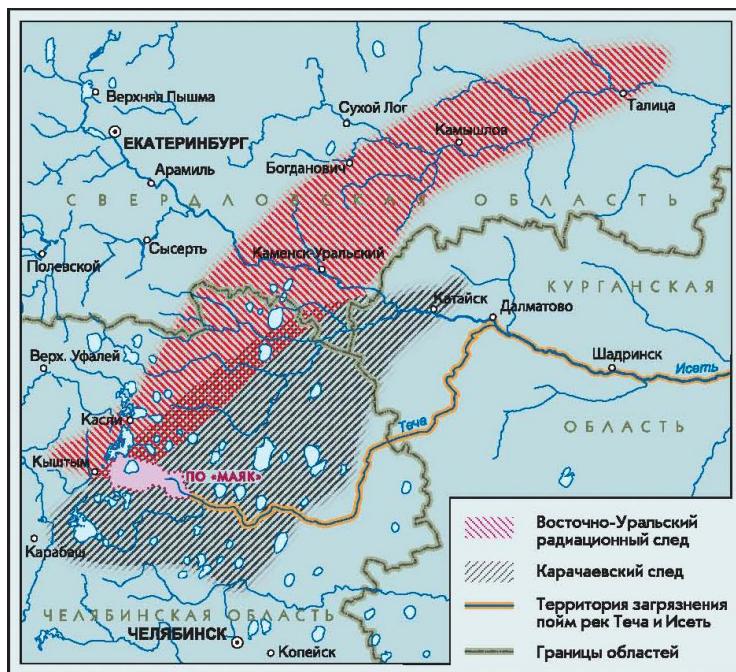


Рисунок 2
Восточно-Уральский радиоактивный след¹²

Figure 2
East Ural radioactive trace

Анализ данных

Полученные нами цифровые данные лабораторных исследований обработаны с применением методов математической статистики, принятых в биологии и медицине. Достоверность результатов определяли путем статистической обработки и определения $M \pm m$, с вычислением среднего арифметического M , среднего квадратического отклонения δ , ошибки среднего арифметического m , средней ошибки показателя, выраженного в процентах, tr , с помощью парного критерия Стьюдента t . Результаты считали достоверными при $P \leq 0,05$. Для обработки полученных данных использовали программу «Microsoft Excel», входящую в пакет программ «Microsoft Office».

НЕГАТИВНЫЕ АНТРОПОГЕННЫЕ ФАКТОРЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ЛОШАДЕЙ, СОДЕРЖАЩИХСЯ В ЗОНЕ ВУРС

29.09.1957 в 16.22 ч на производственном объединении «Маяк» (далее – ПО «Маяк»), расположенному

на севере Челябинской области, в 70 км от Челябинска, вблизи городов Кыштым и Касли, произошел взрыв хранилища радиоактивных отходов № 14 объемом 300 м³, в котором находилось около 80 м³ высокорадиоактивных ядерных отходов. Причиной взрыва, мощность которого оценивается в десятки тонн в тротиловом эквиваленте, стал выход из строя системы охлаждения. В результате взрыва в атмосферу попало 20 МКи ($7,4 \times 10^{17}$ Бк) радиоактивных веществ ($^{144}\text{Ce} + ^{144}\text{Pr}$, $^{95}\text{Nb} + ^{95}\text{Zr}$, ^{90}Sr , ^{137}Cs , изотопы плутония и др.). 18 МКи выпало на территории ПО «Маяк», а остальные радиоактивные вещества (около 2 МКи) были подняты взрывом в атмосферу на высоту 1–2 км и образовали облако, состоящее из твердых и жидких аэрозолей. В течение 10–11 часов после взрыва радиоактивные вещества, переносимые атмосферными потоками, выпали полосой протяженностью 300–350 км и образовали Восточно-Уральский радиоактивный след (ВУРС)¹¹ (рисунок 2).

¹¹ Атлас ВУРС. Электронный ресурс. [процитировано 25 июля 2025]. Доступно: URL: http://downloads.igce.ru/publications/Atlas_CD_VURS/7-12.html

¹² Там же.

Основным радиоактивным изотопом, влияющим на долговременное загрязнение окружающей среды в зоне ВУРС, является ^{90}Sr ^{13, 14}, вторым по значимости ^{137}Cs ¹⁵.

В Свердловской области в зону ВУРС попали город Каменск-Уральский, Каменский район, Богдановичский район, город Камышлов, Камышловский район, поселок Пышма, Пышминский район, город Талица, Талицкий район^{16, 17}. По данным на начало 1959 года, площадь радиоактивного загрязнения ВУРС на территории Свердловской области составила 7,24 тыс. км², или 3,7 % от современной площади Свердловской области¹⁸. Производственные опыты с применением иммунометаболического растительно-тканевого препарата «Видорал» по коррекции влияния негативных антропогенных факторов окружающей среды на лошадей проводились в одном из хозяйств Камышловского района Свердловской области, находящихся в зоне ВУРС.

Среднегодовая концентрация ^{90}Sr в атмосферных выпадениях в городе Камышлов за 2010–2024 гг. составила 0,11–0,73 Бк/м² в месяц, ^{137}Cs 0,03–0,28 Бк/м² в месяц. Данные представлены на рисунках 3, 4¹⁹.

В целом радиационный фон в Камышлове несколько выше регионального, но не превышает показатели норм радиационной безопасности НРБ-99/2009. Согласно данным Государственных докладов о состоянии окружающей среды на территории Свердловской области за период 2010–2024 годов, размещенных на официальном сайте Министерства природных ресурсов и экологии Свердловской области, мониторинг загрязнения атмосферного воздуха в городе Камышлов не проводится²⁰.

В городе Камышлов протекает река Пышма, весь интересующий период вода оценивалась как «грязная». Основные загрязнители – взвешенные вещества, марганец, медь, нитриты, органические вещества и цинк²¹, которые негативно влияют на обмен веществ и, соответственно, на иммунитет животных, вызывая иммунодефициты и иммуносупрессию [18; 19]. Почвы города Камышлов суглинистые, соответствуют допустимой категории загрязнения. Основными загрязняющими веществами являются кадмий, кобальт, медь, никель, свинец, хром и цинк²², отрицательно влияющие на метаболизм и как следствие на иммунный статус и резистентность животных к инфекционным болезням [18; 20–22].

РЕЗУЛЬТАТЫ

Влияние растительно-тканевого препарата «Видорал» на иммунологические, гематологические и биохимические показатели крови, а также морфологические признаки организма лошадей

Рабочие лошади ежедневно привлекаются к работам по обеспечению нужд хозяйства, что является источником антропогенного стресса, который приводит к иммуносупрессии [9]. В данной работе нами изучено влияние иммунометаболического растительно-тканевого препарата «Видорал» на гематологические, биохимические и иммунологические показатели крови лошадей, находящихся под постоянным воздействием негативных антропогенных факторов окружающей среды.

¹³ Атлас ВУРС. Электронный ресурс. [процитировано 25 июля 2025]. Доступно: URL: http://downloads.igce.ru/publications/Atlas_CD_VURS/7-12.html

¹⁴ Волобуев П.В., Чуканов В.Н., Штинов Н.А., Изюмов М.А., Жуковский М.В., Кямкин А.М., Чененова Р.И., Коновалова Н.В., Бушуева Г.А., Коньшина Л.Г., Коробицын Б.А. Восточно-Уральский радиоактивный след. Проблемы реабилитации населения и территорий Свердловской области. Екатеринбург : УрО РАН. 2000;286 с.

¹⁵ Кузьмин С.В., Романов С.В., Власов И.А. Тиболов И.В., Малых О.Л., Заболотских В.А., Кочнева Н.И. Восточно-Уральский радиоактивный след: Свердловская область. Радиационная гигиена. 2012;5(3):48-52.

¹⁶ Волобуев П.В., Чуканов В.Н., Штинов Н.А. и др. Восточно-Уральский радиоактивный след. Проблемы реабилитации населения и территорий Свердловской области. 286 с.

¹⁷ Кузьмин С.В., Романов С.В., Власов И.А. и др. Восточно-Уральский радиоактивный след: Свердловская область. Радиационная гигиена. 2012;5(3):48-52.

¹⁸ Волобуев П.В., Чуканов В.Н., Штинов Н.А. и др. Восточно-Уральский радиоактивный след. Проблемы реабилитации населения и территорий Свердловской области. 286 с.

¹⁹ Государственные доклады о состоянии окружающей среды на территории Свердловской области. Министерство природных ресурсов и экологии Свердловской области. Официальный сайт. [процитировано 25 июля 2025]. Доступно: URL: <https://mprso.midural.ru/activity/627/>

²⁰ Там же.

²¹ Там же.

²² Там же.

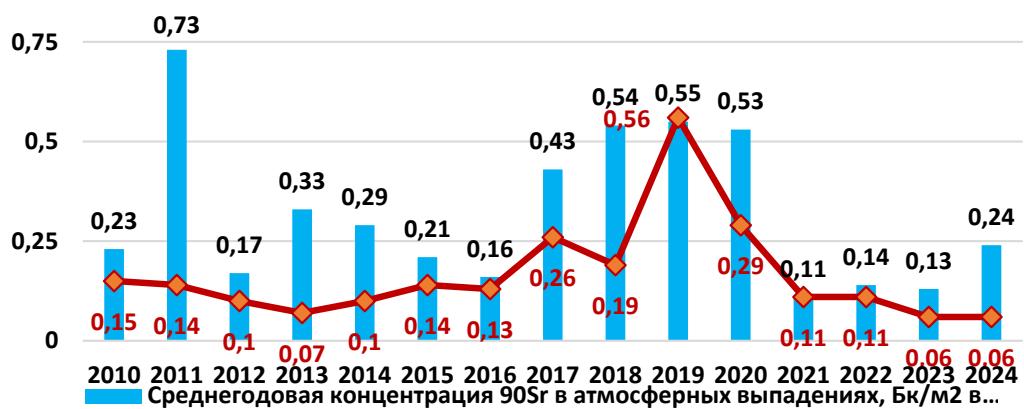


Рисунок 3

Среднегодовая концентрация ^{90}Sr в атмосферных выпадениях г. Камышлов Свердловской области за период 2010-2024 гг.

Figure 3

Average annual concentration of ^{90}Sr in atmospheric fallout in the city of Kamyshlov, Sverdlovsk region for the period 2010-2024



Рисунок 4

Среднегодовая концентрация ^{137}Cs в атмосферных выпадениях г. Камышлов Свердловской области за период 2010-2024 гг.

Figure 4

Average annual concentration of ^{137}Cs in atmospheric fallout in the city of Kamyshlov, Sverdlovsk region for the period 2010-2024

Исследовались морфологические признаки организма лошадей, а также иммунологические, гематологические и биохимические показатели крови лошадей.

Результаты изучения влияния растительно-тканевого препарата «Видорал» на иммунологические показатели крови лошадей представлены в таблице 1.

Через 21 день после однократного подкожного введения растительно-тканевого препарата «Видорал» в опытной группе количество циркулирующих им-

мунных комплексов (ЦИК) в сыворотке крови лошадей увеличилось на 7,9, в контрольной на 47,4 %, что указывает на противовоспалительные свойства «Видорала». Индекс Т/В в опытной группе снизился на 5,8, в контрольной на 6,6 %, что указывает на увеличение гуморального иммунитета.

Результаты изучения влияния растительно-тканевого препарата «Видорал» на гематологические показатели лошадей представлены в таблице 2.

Таблица 1

Влияние растительно-тканевого препарата «Видорал» на иммунологические показатели крови лошадей

Table 1

Effect of the plant-tissue preparation «Vidoral» on immunological parameters of horses' blood

Показатель	Референс-ные значения	До опыта		После опыта	
		Опытная группа	Контрольная группа	Опытная группа	Контрольная группа
ЦИК, у. е.	-	113,14±25,3	94,60±26,08	122,06±19,0	139,4±36,7*
Т-лимфоциты, %	30–45	44,20±5,50	42,60±4,39	42,40±3,85	44,40±6,07
Т-лимфоциты, 10 ⁹ /л	-	1,68±0,55	1,54±0,44	2,12±0,48	2,00±0,53
В-лимфоциты, %	25–35	32,00±4,00	28,00±2,92	32,60±2,07	31,40±3,44*
В-лимфоциты, 10 ⁹ /л	-	1,22±0,46	1,00±0,19	1,54±0,21	1,40±0,34
индекс Т/В (ИРИ), у. е.	1–1,5	1,38±0,34	1,52±0,24	1,30±0,12	1,42±0,08
Фаг. активность, %	25–48	44,00±3,67	39,80±6,94	39,00±5,92	44,00±2,92
Фаг. индекс, у. е.	5–10	5,740±0,72	5,02±0,30	5,460±0,39	5,00±0,24

Примечание: *Данные достоверны. Р ≤ 0,05

Note: *The data is reliable. Р ≤ 0,05

Таблица 2

Влияние растительно-тканевого препарата «Видорал» на гематологические показатели лошадей

Table 2

Effect of the plant-tissue preparation «Vidoral» on hematological parameters of horses

Показатель	Референс-ные значения	До опыта		После опыта	
		Опытная группа	Контрольная группа	Опытная группа	Контрольная группа
Эритроциты, 10 ¹² /л	6,8–12,9	9,62±0,75	8,72±1,12	9,29±0,64	8,45±1,36
Гемоглобин, г/л	110–190	146,40±18,06	129,80±16,39	143,80±21,75	130,40±20,28
Гематокрит, %	32–53	40,85±5,69	37,91±4,54	40,17±6,17	37,71±4,68
Тромбоциты, 10 ⁹ /л	100–400	122,60±83,66	125,60±75,61	183,00±65,02*	146,40±52,91
Лейкоциты, 10 ⁹ /л	5,4–14,3	8,434±1,821	8,450±1,616	10,766±1,534	9,686±1,863*
Лимфоциты, 10 ⁹ /л	1,5–7,7	1,596±1,133	2,026±1,390	1,828±0,941	2,252±1,199
СОЭ, мм/час	40–70	27,80±10,90	30,40±11,63	28,20±11,52	29,00±13,06
Лейкоформула, %					
Нейтрофилы	Юные	0–1	0	0	0
	Палочко-ядерные	3–6	2,60±1,82	2,20±1,30	1,00±1,00
	Сегменто-ядерные	45–62	48,00±6,96	50,00±2,55	46,40±3,85
Эозинофилы					
		2–6	3,20±1,64	3,40±3,21	5,00±2,00
Базофилы					
		0–1	0	0,20±0,45	0,40±0,55
Моноциты					
		2–4	1,40±0,55	1,40±0,55	1,20±0,84
Лимфоциты					
		25–44	44,80±7,19	42,80±5,45	46,00±5,10
					46,00±6,52

Примечание: *Данные достоверны. Р ≤ 0,05

Note: *The data is reliable. Р ≤ 0,05

В ходе опыта СОЭ у лошадей отмечалась ниже физиологической нормы. По результатам опыта в опытной группе СОЭ увеличилось на 1,4, оставаясь за нижними пределами нормы, в контрольной же группе СОЭ уменьшилась на 4,6 %. Увеличение в пределах физиологической нормы количества тромбоцитов в опытной группе на 49,3 % свидетельствует об улучшении свертываемости крови, в контрольной группе количество тромбоцитов увеличилось на 16,6 %. Увеличение в физиологических пределах в опытной группе количества лейкоцитов на 27,6 % указывает на увеличение клеточного иммунитета, в контрольной группе увеличение количества лейкоцитов составило 14,6 %. В опытной группе количество лимфоцитов в пределах нормальных значений увеличилось на 14,5 %, в то время как в контрольной на 11,1 %, что гово-

рит об усилении иммунитета. Снижение в опытной группе палочкоядерных нейтрофилов на 61,5 % и сегментоядерных нейтрофилов на 3,3 % указывает на снижение воспалительных реакций в организме животных, в контрольной группе снижение составило 45,5 и 1,6 % соответственно. В физиологических границах в опытной группе эозинофилы увеличились на 56,3 %, что свидетельствует об усилении иммунитета, в контрольной группе снизились на 17,6 %. В опытной группе моноциты снизились на 14,3 %, в то время, как в контрольной на 42,9 %, что указывает на более высокий клеточный иммунитет у животных опытной группы.

Результаты изучения влияния растительно-тканевого препарата «Видорал» на биохимические показатели крови лошадей представлены в таблице 3.

Таблица 3
Влияние растительно-тканевого препарата «Видорал» на биохимические показатели крови лошадей

Table 3
Effect of the plant-tissue preparation «Vidoral» on biochemical parameters of horses' blood

Показатель	Референсные значения	До опыта		После опыта	
		Опытная группа	Контрольная группа	Опытная группа	Контрольная группа
Общий белок, г/л	55–73	74,68±8,70	83,04±9,30	74,84±6,41	78,36±9,80
Альбумины, г/л	27–42	31,60±5,32	31,48±4,32	30,88±5,21	31,26±4,30
Глобулины, г/л	21–38	43,08±5,56	51,56±9,31	43,96±3,73	47,10±10,99
Креатинин, мкмоль/л	88–168	102,68±20,86	110,54±32,97	95,30±10,94	87,34±11,66
Мочевина, ммоль/л	4,3–9,3	3,98±1,22	4,22±1,12	4,22±1,22	5,70±1,21
Кальций, ммоль/л	2,6–3,3	3,42±0,26	3,60±0,19	3,10±0,22	3,34±0,13
Фосфор, ммоль/л	0,7–1,4	1,54±0,31	1,66±0,32	2,22±0,28*	1,78±0,28
Железо, мкмоль/л	13–37	27,68±12,12	21,38±6,80	33,30±16,24	23,60±3,96
Общий билирубин, мкмоль/л	5,4–36	19,22±4,19	17,04±3,89	17,92±5,44	18,78±5,01
γ-ГТП, Ед/л	2,7–22	15,22±6,70	13,80±3,84	19,42±2,72	19,24±8,31
АЛТ, Ед/л	2–14	14,60±4,51	14,80±6,30	15,20±6,14	17,80±3,11
Холестерин, ммоль/л	1,3–3,7	2,20±0,57	2,04±0,17	2,02±0,40	2,40±0,40
Магний, ммоль/л	0,6–1	1,08±0,08	1,14±0,15	1,00±0,10	1,96±1,54
Щелочная фосфатаза, Ед/л	102–257	214,6±104,16	199,6±65,03	241,6±102,08*	214,2±63,45
АСТ, Ед/л	152–294	360,8±69,99	405,2±79,36	315,0±27,90	333,0±45,51

Примечание: *Данные достоверны. $P \leq 0,05$

Note: *The data is reliable. $P \leq 0,05$

Снижение в пределах физиологической нормы через 21 день после однократного подкожного введения растительно-тканевого препарата «Видорал» концентрации креатинина на 7,2 и увеличение концентрации мочевины в крови лошадей на 6 %, в то время как в контрольной группе концентрация креатинина снизилась на 21, а мочевины увеличилась на 35,1 %, указывает на нефропротективное действие «Видорала». До опыта концентрация кальция в сыворотке крови лошадей в обеих группах превышала нормальные физиологические значения, по результатам опыта в опытной группе кальций снизился на 9,4 % до нормальных значений, в контрольной группе снижение составило 7,2 %, однако данный показатель незначительно превышал нормальное значение. Концентрация фосфора в опытной группе увеличилась на 44,2, железа на 20,3, в контрольной группе данные показатели увеличились на 7,2 и 10,4 % соответственно. Перед началом опыта концентрация магния в сыворотке крови лошадей превышала нормальные физиологические показатели, после опыта концентрация магния в опытной группе снизилась на 7,4 и достигла верхней границы нормы, в то время как в контрольной группе увеличилась на 71,9 %. Таким образом, можно утверждать, что однократное подкожное введение растительно-тканевого препарата «Видорал» нормализует минеральный обмен у лошадей. В пределах нормальных значений в опытной группе щелочная фосфатаза увеличилась на 12,6, в контрольной на 7,3 %, что указывает на нормализацию функций печени. Перед опытом показатели АЛТ и АСТ в обеих группах превышали нормальные физиологические значения, по результатам опыта в опытной группе АЛТ увеличился на 4,1 %, в контрольной на 20,3 %, АСТ снизился в опытной группе на 12,7 %, в контрольной группе на 17,8 %, но все равно превышал показатель опытной группы. Таким образом, можно утверждать, что растительно-тканевой препарат «Видорал» обладает гепатопротективными свойствами.

Осложнений или побочных эффектов при применении растительно-тканевого препарата «Видорал» установлено не было. Сохранность среди лошадей составила 100 % в обеих группах.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Полученные в ходе исследования данные подтверждают выдвинутые в начале статьи утверждения, что комплексное воздействие негативных антропогенных факторов в зоне ВУРС приводит к развитию иммунометаболических нарушений у лошадей и требует применения средств коррекции. Результаты работы демонстрируют прямую связь между хроническим воздействием радионуклидов ^{90}Sr и ^{137}Cs и тяжелых металлов, таких как кадмий, кобальт, медь, никель, свинец, хром, цинк, и изменениями иммунологических, гематологических и биохимических показателей крови животных.

Применение препарата «Видорал» показало его эффективность в коррекции выявленных у лошадей нарушений, вызванных комплексным воздействием антропогенных факторов. Установленная метаболическая направленность действия препарата подтверждается нормализацией скорости оседания эритроцитов, показателей минерального обмена и функций печени и почек. Иммуномодулирующий эффект проявлялся в достоверном увеличении количества лейкоцитов на 27,6 % в опытной группе против 14,6 % в контроле, а также в изменении соотношения Т- и В-лимфоцитов.

Выявленные нефропротективные свойства препарата, проявляющиеся в стабилизации биохимических показателей (снижение креатинина на 7,2 против 21 % в контроле и увеличение мочевины на 6 против 35,1 %), согласуются с результатами наших предыдущих исследований на крупном рогатом скоте и свиньях [23; 24]. Гепатопротективная активность, подтвержденная нормализацией активности АСТ и щелочной фосфатазы, также соответствует ранее установленным свойствам препарата.

Противовоспалительное действие «Видорала» демонстрировалось снижением палочкоядерных нейтрофилов на 61,5 и умеренным увеличением ЦИК на 7,9 против 47,4 % в контроле, что согласуется с данными О.Г. Петровой и др. о важности контроля воспалительных реакций у животных, подверженных влиянию негативных антропогенных факторов [23]. Комплексный характер выявленных эффектов препарата соответствует современным представлениям о патогенезе экологически обусловленных нарушений здоровья животных [18–22].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные нами результаты продемонстрировали прямую связь между воздействием негативных антропогенных факторов окружающей среды и развитием иммунометаболических нарушений у лошадей, содержащихся на территориях с повышенной антропогенной нагрузкой, в частности в зоне Восточно-Уральского радиоактивного следа. В качестве средства коррекции данных нарушений у лошадей нами был апробирован разработанный растительно-тканевой препарат «Видорал». Экспериментально подтверждено, что однократное применение препарата «Видорал» в дозе 0,025 мл/

кг корректирует негативное воздействие антропогенных факторов окружающей среды, оказывает комплексное нормализующее действие на ключевые показатели здоровья лошадей: повышает иммунный статус, нормализует скорость оседания эритроцитов, тем самым нормализуя белковый обмен, минеральный обмен веществ, функции печени и почек, обладая нефропротективным, гепатопротективным и противовоспалительным действием. Разработанный способ может быть успешно внедрен в систему ветеринарно-профилактических мероприятий для хозяйств, расположенных в регионах с неблагоприятной экологической обстановкой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Mubarik Y., Boyetey S.T., Aikins A.R., Mutocheluh M. Effect of Ochratoxin A (OTA) on the immune system: A Systematic Review. *Toxins (Basel)*. 2025;17(5):256. <https://doi.org/10.3390/toxins17050256>
2. Marsella R. Environmental factors are responsible for the rise of atopic dermatitis in dogs: veterinarians should focus on modifiable influences. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 2025:1-9. <https://doi.org/10.2460/javma.25.06.0391>
3. Xiao S., Liu W., Zhang S., Schroyen M. The role of maternal dietary protein on livestock development, production and health. *Animal Reproduction Science*. 2025;276:107835. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2025.107835>
4. Xu H., Li Y., Gao Y. The role of immune cells settled in the bone marrow on adult hematopoietic stem cells. *Cellular and Molecular Life Sciences*. 2024;81(1):420. <https://doi.org/10.1007/s00018-024-05445-3>
5. Zhang B., Fagarasan S. Metabolism and metabolites regulating hematopoiesis. *Current Opinion in Immunology*. 2025;93:102525. <https://doi.org/10.1016/j.co.2025.102525>
6. Silva D.B.D., Pianovski M.A.D., Carvalho Filho N.P. Environmental pollution and cancer. *Jornal de Pediatria (Rio J.)*. 2025;101(1):18-26. <https://doi.org/10.1016/j.jped.2024.09.004>
7. Cang T., Huang N., Nie D., Chen L., Shao K., Wu C., Chen C., Wang Y. Mixture effect of parental exposure to triazophos and fenvalerate on the early development of zebrafish offspring. *Chemosphere*. 2024;365:143415. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2024.143415>
8. Huo S., Li B., Du J., Zhang X., Song M., Li Y. Neurotoxic effects of perinatal exposure to Bisphenol F on offspring mice. *Environmental Pollution*. 2024;362:124932. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2024.124932>
9. Arfuso F., Rizzo M., Giannetto C., Giudice E., Piccione G., Fazio F., Cirincione R., Cassata G., Cicero L. Inflammatory-like status and acute stress response in horses after road transport. *Scientific Reports*. 2023;13(1):9858. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-37069-1>
10. May A., Gerhards H., Wollanke B. Effect of hospitalization on equine local intestinal immunoglobulin A (IgA) concentration measured in feces. *Journal of Equine Veterinary Science*. 2024;137:105078. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2024.105078>
11. Capela L., Leites I., Pereira R.M.L.N. Heat stress from calving to mating: Mechanisms and impact on cattle fertility. *Animals (Basel)*. 2025;15(12):1747. <https://doi.org/10.3390/ani15121747>
12. Nowak T.J., Muehlenbein M.P. Toward understanding sexual immune dimorphism in humans. *Frontiers in Immunology*. 2025;16:1570565. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2025.1570565>

13. Schwarzmüller P., Triebig A., Assié G., Jouinot A., Theurich S., Maier T., Beuschlein F., Kobold S., Kroiss M. Steroid hormones as modulators of anti-tumoural immunity. *Nature Reviews Endocrinology*. 2025;21(6):331-343. <https://doi.org/10.1038/s41574-025-01102-2>
14. Silva M.M.N., Holanda V.L., Pereira K.S., Coelho M.A.Z. Microbiological contamination profile in soft drinks. *Archives of Microbiology*. 2022;204(3):194. <https://doi.org/10.1007/s00203-022-02801-4>
15. Michaels B.S., Ayers T., Brooks-McLaughlin J., McLaughlin R.J., Sandoval-Warren K., Schlenker C., Ronaldson L., Ardagh S. Potential for glove risk amplification via direct physical, chemical, and microbiological contamination. *Journal of Food Protection*. 2024;87(7):100283. <https://doi.org/10.1016/j.jfp.2024.100283>
16. Jossefa A.A., Dos Anjo Viagem L., Cerozi B.D.S., Chenyambuga S.W. Microbiological contamination of lettuce (*Lactuca sativa*) reared with tilapia in aquaponic systems and use of bacillus strains as probiotics to prevent diseases: A systematic review. *PLoS One*. 2024;19(11):e0313022. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0313022>
17. Ratnawati A., Hartawan R., Sendow I., Saepulloh M., Sumarningsih S., Hewajuli D.A., Zainuddin N., Dharmayanti N.L.P.I., Wibawan I.W.T., Mayasari N.L.P.I. Transboundary risk of African swine fever (ASF): Detection of ASF virus genotype II in pork products carried by international travelers to Indonesia. *Veterinary World*. 2025;18(2):280-286. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2025.280-286>
18. Schoofs H., Schmit J., Rink L. Zinc toxicity: Understanding the limits. *Molecules*. 2024;29(13):3130. <https://doi.org/10.3390/molecules29133130>
19. Xie Y.H., Song H.X., Peng J.C., Li S.J., Ou S.Y., Aschner M., Jiang Y.M. Treatment of manganese and lead poisoning with sodium para-aminosalicylic acid: A contemporary update. *Toxicology Letters*. 2024;398:69-81. <https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2024.06.009>
20. Zheng Z., Fang J., Shen Y., Mi C., Xu Z., Zhao J., Chen W., Han R., Lei Q., Zhang H. Copper exposure induces trophoblast cell cuproptosis by up-regulating Inc-HZ11. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2024;281:116641. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2024.116641>
21. Jomova K., Alomar S.Y., Nepovimova E., Kuca K., Valko M. Heavy metals: toxicity and human health effects. *Arch. Toxicol.* 2025;99(1):153-209. <https://doi.org/10.1007/s00204-024-03903-2>
22. Obied B., Richard S., Zahavi A., Fixler D., Girshevitz O., Goldenberg-Cohen N. Structure-Function Correlation in cobalt-induced brain toxicity. *Cells*. 2024;13(21):1765. <https://doi.org/10.3390/cells13211765>
23. Петрова О.Г., Барашкин М.И., Баранова А.А., Зуев А.А., Привалова Д.А., Алексеев А.Д. *Растительно-тканевые иммуномодуляторы, обоснование их применения при респираторных заболеваниях крупного рогатого скота: монография*. Екатеринбург : Уральский государственный аграрный университет. 2024;160 с.
- Petrova O.G., Barashkin M.I., Baranova A.A., Zuev A.A., Privalova D.A., Alekseev A.D. *Plant-tissue immunomodulators, justification of their use in respiratory diseases of cattle : monograph*. Ekaterinburg : Ural State Agrarian University. 2024;160 c. (In Russ.).
24. Петрова О.Г., Алексеев А.Д. Барашкин М.И., Мильштейн И.М., Москвин В.Д. Применение растительно-тканевого препарата при профилактике гемофилезного полисерозита свиней (болезни Глессера). *Вестник Кыргызского национального аграрного университета им. К. И. Скрибина*. 2022;3(62):53-58.
- Petrova O.G., Alekseev A.D., Barashkin M.I., Milstein I.M., Moskvin V.D. Application of plant and tissue preparation in the prevention of pig hemophilosis polyserositis (Glessner's disease). *Bulletin of the Kyrgyz National Agrarian University named after K. I. Scriabin*. 2022;3(62):53-58. (In Russ.).

Сведения об авторе

Алексеев Анатолий Дмитриевич –
кандидат ветеринарных наук, независимый исследователь. В период с февраля 2018 по июнь 2024 занимал должность начальника ветеринарной службы – главного государственного ветеринарного инспектора Главного управления исполнения наказаний по Свердловской области, Екатеринбург, Россия

<https://orcid.org/0000-0002-0418-4498>

SPIN-код: 6845-6149

alexeevbest@mail.ru

About the author

Anatoliy D. Alekseev –
Cand. Sci (Vet.), Independent Researcher. From February 2018 to June 2024, he served as the Head of the Veterinary Service – Chief State Veterinary Inspector of the Main Directorate of the Federal Penitentiary Service for the Sverdlovsk Region, Ekaterinburg, Russia

<https://orcid.org/0000-0002-0418-4498>

alexeevbest@mail.ru

<https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-4-24-33>

Новые полиморфизмы гена *CNTN3*, ассоциированные с показателями мясной продуктивности у овец породы манычский меринос

КОРРЕСПОНДЕНЦИЯ:

Дарья Евгеньевна Баранова
E-mail: dar.che4eneva@mail.ru

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Баранова Д.Е., Криворучко А.Ю., Яцык О.А., Лиховид Н.Г.
Новые полиморфизмы гена *CNTN3*, ассоциированные с показателями мясной продуктивности у овец породы манычский меринос.
Аграрный вестник Северного Кавказа. 2025;15(4):24-33. <https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-4-24-33> EDN NWKNUC

ПОСТУПИЛА: 10.09.2025

ДОРАБОТАНА: 24.11.2025

ПРИНЯТА: 28.11.2025

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ:

авторы сообщают об отсутствии конфликта интересов.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта № 25-76-10086 от 10.09.2025 за счет средств Российского научного фонда

COPYRIGHT: © 2025 Баранова Д.Е., Криворучко А.Ю., Яцык О.А., Лиховид Н.Г.



Д.Е. Баранова¹ А.Ю. Криворучко^{1, 2} , О.А. Яцык² , Н.Г. Лиховид¹

¹ Северо-Кавказский федеральный университет, Ставрополь, Россия

² Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр, Ставрополь, Россия

АННОТАЦИЯ

ВВЕДЕНИЕ. Метод маркер-ассоциированной селекции основан на ускоренном отборе сельскохозяйственных животных по ДНК-маркерам ценных признаков. По результатам полногеномного ассоциативного исследования частоты встречаемости отдельных однонуклеотидных полиморфизмов с использованием ДНК-биочипов были идентифицированы гены-кандидаты, в число которых входил ген *CNTN3*. Прямые экспериментальные данные об экспрессии гена *CNTN3* у мериносовых пород овец в настоящее время отсутствуют. Таким образом, существует пробел в знаниях о структурных вариантах гена *CNTN3* и их связи с продуктивными качествами.

ЦЕЛЬ. Изучение структуры гена *CNTN3* у овец породы манычский меринос и обнаружение в нем полиморфизмов, ассоциированных с показателями мясной продуктивности для их дальнейшего применения в маркер-опосредованной селекции.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Материалом для исследования послужила геномная ДНК из образцов крови баранов породы манычский меринос. Секвенирование проводили с использованием геномного секвенатора NovaSeq 6000 (Illumina, Inc., США). Сборку генома проводили с помощью ARS-UI_Ramb_v2.0 NCBI (National Center for Biotechnology Information). Для описания обнаруженных однонуклеотидных замен использовалась номенклатура HGVS (Human Genome Variation Society).

РЕЗУЛЬТАТЫ. В результате секвенирования гена *CNTN3* было обнаружено 7232 полиморфизма. Из их числа выявлены группы полиморфизмов (27297434, 27297454, 27297488), демонстрирующих максимальную статистическую значимость ассоциаций с признаками мясной продуктивности у овец. Обнаружены новые структурные варианты (дупликация в позиции 27337036 и однонуклеотидные замены в локусах 27097370 и 27418238).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Полученные результаты исследования структуры гена *CNTN3* показывают его связь с живой массой, а выявленные полиморфизмы могут быть использованы как молекулярные маркеры для селекции овец мериносового направления.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: гены-кандидаты, *CNTN3*, мясная продуктивность, манычский меринос, овцы, SNP

<https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-4-24-33>

New *CNTN3* gene polymorphisms associated with meat productivity indicators in Manychsky Merino sheep

CORRESPONDENCE:

Daria E. Baranova
E-mail: dar.che4eneva@mail.ru

FOR CITATION:

Baranova D.E., Krivoruchko A.Yu., Yatsyk O.A., Likhovid N.G.
New *CNTN3* gene polymorphisms associated with meat productivity indicators in Manychsky Merino sheep. *Agrarian Bulletin of the North Caucasus*. 2025;15(4):24-33.
<https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-4-24-33> EDN NWKNUC

RECEIVED: 10.09.2025

REVISED: 24.11.2025

ACCEPTED: 28.01.2025

DECLARATION OF COMPETING INTEREST:

none declared.

FUNDING:

The work was carried out with the financial support of grant No. 25-76-10086 dated September 10, 2025, at the expense of the Russian Science Foundation.

COPYRIGHT: © 2025 Baranova D.E., Krivoruchko A.Yu., Yatsyk O.A., Likhovid N.G.



Daria E. Baranova¹ , Aleksandr Yu. Krivoruchko^{1,2} , Olesya A. Yatsyk² , Natalya G. Likhovid¹

¹ North Caucasus Federal University, Stavropol, Russia

² North Caucasus Federal Research Center, Stavropol, Russia

ABSTRACT

INTRODUCTION. Marker-assisted selection is a method based on the accelerated selection of livestock using DNA markers for valuable traits. Results from a genome-wide association study on the frequency of specific single nucleotide polymorphisms, utilizing DNA bio-chips, identified candidate genes, which included the *CNTN3* gene. Direct experimental data on *CNTN3* gene expression in Merino sheep are currently unavailable. Thus, a knowledge gap exists concerning structural variants of the *CNTN3* gene and their association with productive traits.

AIM. To study the structure of the *CNTN3* gene in Manychsky Merino sheep and to identify polymorphisms associated with meat productivity indicators for their subsequent application in marker-assisted selection.

MATERIALS AND METHODS. The research studied genomic DNA extracted from blood samples of Manychsky Merino rams. Sequencing was performed using the NovaSeq 6000 genome sequencer (Illumina, Inc., USA). Genome assembly was conducted using the ARS-UI_Ramb_v2.0 reference from the NCBI (National Center for Biotechnology Information). The nomenclature of the Human Genome Variation Society was used to describe the identified single nucleotide substitutions.

RESULTS. Sequencing of the *CNTN3* gene revealed 7,232 polymorphisms. Among these, groups of polymorphisms (27297434, 27297454, 27297488) demonstrating the highest statistical significance of associations with meat productivity traits in sheep were identified. Novel structural variants were discovered: a duplication at position 27337036 and single nucleotide substitutions at loci 27097370 and 27418238.

CONCLUSION. The obtained results of the *CNTN3* gene structure analysis indicate its association with live weight. The identified polymorphisms can be used as molecular markers for the selection of Merino sheep.

KEYWORDS: candidate genes, *CNTN3*, meat productivity, Manychsky Merino, sheep, SNP

ВВЕДЕНИЕ

Исследования генетических основ фенотипического полиморфизма признаков, определяющих мясную продуктивность, ведутся уже многие десятилетия. Известно, что большинство показателей продуктивности находится под совместным контролем значительного числа генов [1]. С развитием высокопроизводительных технологий генотипирования по однонуклеотидным полиморфизмам Single Nucleotide Polymorphism (SNP) широко применяются полногеномные ассоциативные исследования Genome-Wide Association Study (GWAS) для обнаружения новых генов-кандидатов количественных признаков у различных видов животных, что дает больше идей по повышению эффективности разведения и селекции [2]. Гены с определенным потенциалом, такие как *VRTN*, *NR6A1*, *MSTN*, *ADIPOQ*, *LCORL*, *MEF2B*, *FASN*, *FABP4*, *SCD*, *DGAT1*, *BMP* и *HOX*, демонстрируют значительную связь с экономически ценными характеристиками для повышения эффективности разведения и увеличения производства баранины во всем мире [3]. Актуальная задача для современных селекционеров – повышение мясной продуктивности овец отечественных мериносовых пород. Порода манычский меринос перспективна в исследовании ввиду отличительной ценности шерстяной и мясной продуктивности, поэтому ее изучение с помощью современных геномных технологий позволяет повысить рентабельность овцеводства за счет конкурентоспособных продуктов. Однако, несмотря на успехи в идентификации множества генетических маркеров у сельскохозяйственных животных, ключевой проблемой остается функциональная интерпретация выявленных ассоциаций.

На базе лабораторий Всероссийского научно-исследовательского института овцеводства и козоводства (г. Ставрополь, Россия) ранее было проведено GWAS частоты встречаемости отдельных однонуклеотидных полиморфизмов с использованием ДНК-биочипов Ovine Infniium HD BeadChip 600K у овец породы джалгинский меринос с различной оценкой класса по фенотипу, определяющему продуктивные качества. В результате исследования были идентифицированы следующие гены-кандидаты: *FOXN3*, *FTO*, *CFAP73*, *ARPP21*, *ADAMTS9*, *FRMPD4*, *RBM45*, *SHC4*, *ZFP36L1*, *ACTN1*, *ASTN1*, *RAB21*, в число которых входил также ген *CNTN3* [4]. Ранее в исследовании было выявлено три замены на 19-й хромосоме, показавшие наибольшие параметры до-

ственности ассоциаций. Замена rs423158250 была локализована в инtronе гена *CNTN3*. Ген у овец имеет один транскрипт, 124 ортолога и 38 паралогов. Длина транскрипта составляет 3367 пар оснований. Он содержит 23 экзона и 22 интрана, в нем аннотированы 15 доменов, связанные с 15 147 вариантами аллелей [5]. Продуктом гена является белок контактин-3 из семейства контактинов, которые в основном экспрессируются в нервной системе [6].

На основании изучения его онтологии было показано, что он может участвовать в пролиферации клеток и активации апоптоза. В работах зарубежных авторов приведены результаты исследования взаимодействия рецептора протеин-тиразин-фосфатазы типа G (RPTPy/PTPRG) *in vitro* с контактином-3-6 (*CNTN3-6*), группой молекул клеточной адгезии, связанных с гликофосфатидилинозитолом и участвующих в формировании нервной системы [7]. По данным проекта «Экспрессия генотипа во взрослых тканях» (GTEx), наибольшая экспрессия гена *CNTN3* в отдельных тканях человека наблюдается в слизистой оболочке пищевода, миоцитах левого желудочка, эпителиальных клетках легкого, фибробластах скелетной мускулатуры. В значительной мере экспрессия гена проявляется в подкожной жировой клетчатке, лобной доле и коре головного мозга, гипофизе, фибробластах. По данным авторов, были обнаружены доказательства положительной связи между общим объемом мозга, общим объемом белого вещества и размером мышц, а также доказательства того, что объем некоторых областей серого вещества отрицательно связан с размером мышц [8].

Роль гена *CNTN3* в формировании мышечной массы и нейромышечных процессах у млекопитающих изучена недостаточно. Прямые экспериментальные данные об экспрессии гена *CNTN3* у мериносовых пород овец в настоящее время отсутствуют. Таким образом, существует пробел в знаниях о структурных вариантах гена *CNTN3* и их связи с продуктивными качествами у овец разных пород. В контексте регуляции мясной продуктивности ген *CNTN3* представляет значительный интерес, поскольку кодируемый им белок контактин-3 участвует в ключевых физиологических процессах. Изменения в его структуре и функции, обусловленные генетическими вариантами, могут оказывать существенное влияние на такие комплексные признаки, как развитие мышечной ткани, распределение жировых депозитов и эффективность использования питательных веществ. В связи с этим целью нашего исследования служит изучение структуры гена *CNTN3* у овец поро-

ды манычский меринос для обнаружения в нем полиморфизмов, которые могут быть ассоциированы с показателями мясной продуктивности.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Организация исследования

Работа выполнена на базе российских лабораторий Всероссийского научно-исследовательского института овцеводства и козоводства (ВНИИОК, филиал ФГБНУ «Северо – Кавказский федеральный научный аграрный центр») и Геномного центра Северо – Кавказского федерального университета (СКФУ) (г. Ставрополь, Россия).

Объектом исследования выступила группа клинически здоровых баранчиков ($n = 30$) породы манычский меринос в возрасте 9 месяцев, отобранных методом случайной выборки из поголовья сельскохозяйственного производственного кооператива им. Ленина (Апанасенковский район, Ставропольский край, Россия). Объем исследованной выборки был определен как достаточный для проведения поискового исследования, направленного на первичное выявление потенциально значимых полиморфизмов в гене CNTN3 у овец породы манычский меринос. Все животные содержались в одинаковых условиях и получали стандартный смешанный рацион питания.

Методы выделения ДНК и секвенирования

Геномную ДНК выделяли из образцов крови, полученных из яремной вены в асептических условиях. Пробы крови отбирали в пробирки Vacutainer® со стабилизатором ЭДТА (Becton Dickinson International, США). ДНК выделяли из 0,1 мл крови с использованием набора для экстракции нуклеиновых кислот «МагноПрайм ВЕТ» (НекстБио, Россия) согласно инструкции производителя. Концентрацию ДНК в растворе измеряли на флуориметре «Qubit 4.0» (Invitrogen/Life Technologies, США). Контроль качества (OD260/280) проводили на спектрофотометре NanoDrop OneC (Thermo-Fisher Scientific, Inc., США) в соответствии с методиками, рекомендованными производителями приборов.

Анализ данных секвенирования

Секвенирование проводили с использованием геномного секвенатора NovaSeq 6000 (Illumina, Inc.,

США) в соответствии с методиками, рекомендованными производителями приборов. Полученные в результате секвенирования фрагменты со средней длиной 153 нуклеотида картировали на референсный геном *Ovis aries*, сборка ARS-UI_Ramb_v2.0 NCBI (National Center for Biotechnology Information). Для описания обнаруженных однонуклеотидных замен использовалась номенклатура HGVS (Human Genome Variation Society). Изучение структуры и аннотация полиморфизмов гена были проведены с помощью геномного браузера Ensemble (ensembl.org).

Статистический анализ

Статистическую обработку выполняли с использованием *t*-критерия Стьюдента в Excel для Windows (Microsoft, США). Достоверными считали различия при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Секвенирование гена CNTN3 в выборке овец породы манычский меринос выявило 7232 полиморфизма на протяжении всего локуса гена и прилежащих областей. Выявленные полиморфизмы были представлены 6452 однонуклеотидными заменами, 206 дупликациями, 122 инсерциями и 452 делециями. Большинство полиморфизмов было расположено в инtronах гена. Для выявления влияния генотипа по полиморфизмам гена CNTN3 на массу тела баранов породы манычский меринос был проведен анализ различий по массе тела между группами референсных гомозигот и совокупной группой из гетерозигот и мутантных гомозигот (носители хотя бы одного мутантного аллеля). В результате достоверные различия при $p < 0,05$ показал 51 локус в составе гена CNTN3 и фланкирующих его областей. Среди выявленных локусов один был локализован в *downstream*, остальные 50 полиморфизмов относились к инtronным областям. Из них для дальнейшего анализа были отобраны те, которые соответствовали двум основным критериям – наибольшая абсолютная разница по средней массе тела (как в большую, так и в меньшую сторону) и наличие не менее 4 носителей в любой из сравниваемых групп. На основании этих критерий из числа полиморфизмов, показавших достоверные различия по массе тела ($p < 0,05$), было отобрано 30 вариантов, демонстрирующих наибольшую разницу в средних значениях массы тела между группами животных с разными генотипами (таблица 1).

Таблица 1

Полиморфизмы гена CNTN3, ассоциированные с живой массой (кг) в группах овец породы манычский меринос

Table 1

Polymorphisms of the CNTN3 gene associated with live weight (kg) in groups of Manychsky Merino sheep

№	Позиция на хромосоме	РГ(кг), $M \pm m$	CV, %	ГГ + МГ (кг), $M \pm m$	CV, %	Разница, (кг)	p-value
1	27297434	42,83±1,75	3,92	51,88±1,75	8,4	-9,04	0,00117
2	27297454	42,83±1,75	3,92	51,88±1,75	8,4	-9,04	0,00117
3	27297488	42,83±1,75	3,92	51,88±1,75	8,4	-9,04	0,00117
4	27475379	47,59±1,75	8	56,88±2,23	5,89	-9,28	0,00307
5	27475384	47,59±1,75	8	56,88±2,23	5,89	-9,28	0,00307
6	27184480	54,71±2,04	7,34	46,0±1,92	7,42	8,71	0,00319
7	27184481	54,71±2,04	7,34	46,0±1,92	7,42	8,71	0,00319
8	27188029	54,71±2,04	7,34	46,0±1,92	7,42	8,71	0,00322
9	27188033	54,71±2,04	7,34	46,0±1,92	7,42	8,71	0,00319
10	27188197	54,71±2,04	7,34	46,0±1,92	7,42	8,71	0,00319
11	27213256	42,86±2,41	5,9	52,26±1,71	8,01	-9,40	0,00476
12	27297809	45,20±1,99	5,98	52,50±1,98	8,64	-7,30	0,01227
13	27187986	53,73±2,15	8,03	46,40±2	7,05	7,33	0,01528
14	27098119	47,37±1,93	8,17	54,73±2,27	7,18	-7,36	0,01704
15	27336684	46,75±2	7,73	53,86±2,2	7,94	-7,11	0,01979
16	27247980	53,25±2,17	8,41	46,43±2,01	7,26	6,82	0,02414
17	27097370	47,12±1,99	7,94	53,92±2,27	7,87	-6,81	0,02696
18	27297196	48,83±1,85	8,88	55,0±1,98	4,43	-6,17	0,02799
19	27418238	55,67±3,06	8,66	47,67±1,65	7,38	8	0,03060
20	27184300	53,06±2,12	8,21	46,64±2,14	7,72	6,42	0,03584
21	27185667	53,43±2,14	7,72	47,13±2,13	8,25	6,30	0,03954
22	27475387	47,95±1,79	8,02	55,02,78	7,87	-7,05	0,04060
23	27349755	54,67±2,52	7,12	48,1±1,88	8,41	6,57	0,04209
24	27349756	54,67±2,52	7,12	48,1±1,88	8,41	6,57	0,04209
25	27337036	46,46±2,56	8,86	52,82±1,83	7,31	-6,36	0,04683
26	27475306	48,63±1,76	8,42	55,83±2,93	6,55	-7,21	0,04784
27	27102646	47,61±2,02	8,33	53,75±2,3	7,64	-6,14	0,04802
28	27097856	47,61±2,02	8,33	53,75±2,3	7,64	-6,14	0,04802
29	27174650	47,25±2,2	8,52	53,29±2,08	7,51	-6,04	0,04855
30	27251519	47,25±2,16	8,35	53,29±2,14	7,72	-6,04	0,04927

Примечание: РГ – референсные гомозиготы; ГГ + МГ – гетерозиготы + мутантные гомозиготы

Note: RG – reference homozygotes; HG+MG – heterozygotes + mutant homozygotes

Самый высокий показатель достоверности был выявлен в позициях 27297434, 27297454, 27297488. В этих позициях также отмечен наименьший коэффициент вариации (3,92 %) для группы референсных гомозигот. Наибольшая вариабельность признака наблюдалась по позиции 27297196. У манычских мериносов, имеющих в генотипах по исследуемым полиморфизмам референсный аллель, максимальный живой вес отмечен в позиции 27418238 (55,67 кг), а минимальный

обнаружен в точках по позициям 27297434, 27297454 и 27297488 (42,83). Самый высокий показатель среднего веса (56,88 кг) в группе мутантного аллеля был отмечен у носителей полиморфизмов в позициях 27475379 и 27475384. Это сочеталось со значимой разницей в весе по сравнению с референсной группой (17 %). Наименьший средний вес в группе гетерозигот и мутантных гомозигот отмечен в позициях 27184480, 27184481, 27188029, 27188033 и 27188197. Большая

часть ассоциированных с признаком полиморфизмов, для которых была выявлена достоверная разница в живой массе между группами генотипов, были ранее описаны у других пород овец и внесены в международную базу данных. Расположение и характеристика этих полиморфизмов приведены в таблице 2. Обна-

руженные нами полиморфизмы с максимальной достоверной ассоциацией массы тела были обнаружены в области инtronов гена, при этом впервые выявлена дупликация ТАС в позиции 27337036. Также впервые нами были обнаружены однонуклеотидные замены в позициях 27097370 и 27418238.

Таблица 2

Характеристика полиморфизмов, ассоциированных с разницей в массе тела у манычских мериносов при сравнении носителей референсного гомозиготного генотипа (РГ) и имеющих мутантный аллель по исследуемым полиморфизмам (ГГ+МГ)

Table 2

Characteristics of polymorphisms associated with differences in body weight in Manych MerinManychsky Merino sheep when comparing carriers of the reference homozygous genotype (RG) and those with a mutant allele for the studied polymorphisms (GG+MG)

Локализация в гене	Позиция в хромосоме	Наименование	Расположение в гене/замена	Аллели	
				Реф	Мут
Инtron	27297434	rs421184405	c.359-13410 G>A	G	A
	27297454	rs430177029	c.359-13390 A>T	A	T
	27297488	rs430177029	c.359-13390 A>T	A	T
	27475379	rs603836121	c.2518-3772 A>G	A	G
	27475384	rs591227924	c.2518-3767 C>G	C	G
	27184480	rs398731094	c.-80-13294 G>A	G	A
	27184481	rs407733831	c.-80-13293 C>T	C	T
	27188029	rs416111157	c.-80-9745 A>C	A	C
	27188033	rs598755528	c.-80-9741 A>G	A	G
	27188197	rs418916745	c.-80-9577 C>T	C	T
	27213256	rs401706331	c.56-12377 T>C	T	C
	27297809	rs412307447	c.359-13035 G>A	G	A
	27187986	rs402762614	c.-80-9788 C>T	C	T
	27098119	rs403863630	c.-81+1429 G>A	G	A
	27336684	rs406123154	c.454+25745 C>T	C	T
	27247980	rs421690456	c.358+5710 T>G	T	G
	27097370	Нет в базе	c.358+5710 T>G	AG	A
	27297196	rs406116064	c.359-13648 G>T	G	T
	27418238	Нет в базе	c.359-13648 G>T	T	C
	27184300	rs429665920	c.-80-13474 G>A	G	A
	27185667	rs400459218	c.-80-12107 G>A	G	A
	27475387	rs421821069	c.2518-3764 C>T	C	T
	27349755	rs417175420	c.455-28257 C>T	C	T
	27349756	rs430195945	c.455-28256 A>G	A	G
	27337036	Нет в базе	c.454+26099_454+26100dupCA	T	TAC
	27475306	rs429225664	c.2518-3845 C>T	C	T
	27102646	rs427337369	c.-81+5956 C>T	C	T
	27097856	rs400887595	c.-81+1166 T>C	T	C
	27174650	rs414788843	c.-80-23124 T>A	T	A
	27251519	rs421401890	c.358+9249 C>A	C	A

Примечание: Реф – референсный аллель; Мут – мутантный аллель

Note: Ref – reference allele; Mut – mutant allele

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Нами было проведено исследование структуры гена *CNTN3* по данным полногеномного секвенирования для поиска полиморфизмов, ассоциированных с живым весом овец породы манычский меринос. Объектом исследования послужила группа баранов, отобранных методом случайной выборки из поголовья СПК им. Ленина (Ставропольский край). Изучалась связь наличия в геноме референсного и мутантного аллелей по всем обнаруженным в области гена *CNTN3* полиморфизмам с живым весом животных. Ген *CNTN3* был выбран нами для изучения как потенциальный ген-кандидат на основании результатов собственных исследований по полногеномному поиску ассоциаций с признаками мясной продуктивности у овец. Нами было выявлено три замены на 19-й хромосоме с наибольшими показателями достоверности ассоциаций. При этом замена rs423158250 была локализована в инtronе гена *CNTN3* [4]. Целью настоящего исследования стало выявление конкретных полиморфизмов в составе гена, которые могут быть связаны с ростом и развитием животных. Для обнаружения полиморфизмов в гене *CNTN3*, ассоциированных с живым весом у манычских мериносов, выборку животных разделили на две группы – носители только референсного аллеля (референсные гомозиготы) и вторая группа, имеющие в геноме оба варианта носительства мутантного аллеля, то есть гетерозиготы и мутантные гомозиготы. Такой подход объясняется тем, что один из аллелей может быть связан с доминирующим вариантом гена и оказывать одинаковое влияние как в гомозиготном, так и в гетерозиготном вариантах.

Несмотря на то, что прямые экспериментальные данные о влиянии гена *CNTN3* на продуктивность у овец мериносовых пород являются единичными, проведенное нами исследование показало наличие в его составе значительного количества полиморфизмов. Причем анализ взаимосвязи полученных результатов достоверно показал разницу в весе между группой – носителями референсного аллеля и группой – носителями мутантного аллеля по значительному числу полиморфизмов. В результате секвенирования гена *CNTN3* было обнаружено 7232 полиморфизма. Большинство полиморфизмов было расположено в областях инtronов гена. Данное наблюдение согласуется

с общей тенденцией в генетике сложных признаков и может быть объяснено несколькими механизмами. Во-первых, появление мутации в инtronе гена напрямую не влияет на синтез белка, но может послужить причиной нарушения регуляции сплайсинга мРНК и привести к изменению структуры белка [9]. Следующим этапом исследования стал отбор полиморфизмов, достоверно ассоциированных с изучаемым показателем. В результате был выбран 51 полиморфизм с достоверным уровнем значимости. Из них для дальнейшего анализа было отобрано 30 вариантов, демонстрирующих наибольшую разницу в средних значениях массы тела между группами животных с разными генотипами.

Наиболее интересным представляется выявление группы полиморфизмов (27297434, 27297454, 27297488), демонстрирующих не только максимальную статистическую значимость ассоциаций ($p < 0,00117$), но и существенную разницу в массе тела между группами с разными генотипами (17 %). Особого внимания заслуживает низкий коэффициент вариации живого веса (3,92 %) для носителей генотипов по этим позициям, что может свидетельствовать о стабильном характере влияния на фенотипические проявления этих генетических вариантов. Интересно отметить еще несколько полиморфизмов с достоверной разницей в весе между группами референсных и носителей мутантных аллелей. В позиции 27213256 отмечен наибольший показатель, демонстрирующий увеличение массы тела на 17 % у мутантных носителей. В позициях 27475379 и 27475384 также зафиксирована значительная разница по массе тела животных, демонстрирующая увеличение в группе гетерозигот и мутантных гомозигот на 17 %. Коэффициент вариации во всех группах находился в пределах 5,9–8 %, что свидетельствует об однородности и стабильности в проявлении признака. Полиморфизмы в позициях 27184480, 27184481, 27188029, 27188033 и 27188197 отличаются тем, что носители референсного гомозиготного генотипа, а не имеющие мутантный аллель, превосходят других животных по живому весу в среднем на 8,71 кг, что составляет 16 %. Этот результат указывает на необходимость отбора для разведения особей с референсным гомозиготным генотипом по полиморфизму в точках 27184480, 27184481, 27188029, 27188033 и 27188197 для повышения продуктивности и предотвращения расщепления при дальнейшем скрещивании. Для дальнейших

исследований важным является обнаружение новых структурных вариантов (дупликация в позиции 27337036 и однонуклеотидные замены в локусах 27097370 и 27418238). Они представляют особый интерес в плане дальнейшего изучения функциональной интерпретации выявленных вариантов, в частности их потенциального влияния на процессы сплайсинга или регуляции экспрессии гена CNTN3.

Полученные данные свидетельствуют в пользу доминантного типа наследования признака для большей части изученных полиморфизмов. У 18 из 30 маркеров (60 %), показавших ассоциацию с массой тела, был обнаружен выраженный доминантный эффект мутантного аллеля. Это проявлялось в том, что средние показатели живой массы у животных, несущих хотя бы один мутантный аллель, достоверно превышали таковые у референсных гомозигот. Изучение функционального значения выявленных нами полиморфизмов показало, что они располагаются не в кодирующей белок последовательности нуклеотидов, а находятся между экзонами гена. Таким образом, при их наличии не образуется условий для явных изменений в аминокислотной последовательности кодируемого протеина, однако интроны влияют на несколько жизненно важных аспектов существования эукариотических организмов, таких как протеомная пластичность, стабильность генома, потеря функции белка и экспрессия генов [10–18]. Поэтому необходимо дальнейшее изучение механизмов влияния выявленных нами полиморфизмов в гене CNTN3 на рост и развитие овец различных пород. При этом уже полученных данных об ассоциации полиморфизмов с продуктивными качествами достаточно для использования их в ка-

честве молекулярных маркеров при селекции для повышения выхода баранины.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное полногеномное исследование структуры гена CNTN3 у овец породы манычский меринос позволило успешно реализовать поставленные научно-практические задачи. В результате было обнаружено 30 полиморфизмов, показавших наиболее высокую достоверную связь с живой массой животных. Из них были выбраны шесть полиморфизмов (27297434, 27297454, 27297488, 27475379, 27475384 и 27213256), продемонстрировавших существенную разницу в весе и значимую ассоциацию с ключевыми показателями мясной продуктивности. Дополнительную научную значимость имеет обнаружение не описанных ранее структурных вариантов, включая дупликацию в позиции 27337036 и однонуклеотидные замены в локусах 27097370 и 27418238, что расширяет современные представления о генетической архитектуре изучаемого признака. Можно предположить, что возможность внедрения выявленных маркеров в селекционную практику позволит существенно сократить временные затраты на создание высокопродуктивных групп и повысить экономическую эффективность мясного овцеводства. Перспективы дальнейших исследований включают валидацию выявленных маркеров на расширенных выборках животных, изучение взаимодействий с другими генами-кандидатами, а также функциональный анализ вновь идентифицированных вариантов для установления их роли в процессах онтогенеза мышечной ткани.

Вклад авторов

Д. Е. Баранова: проведение исследования, курирование данных, написание черновика рукописи.

А. Ю. Криворучко: получение финансирования, научное руководство, написание рукописи – рецензирование и редактирование.

О. А. Яцык: проведение исследования.

Н. Г. Лиховид: административное руководство исследовательским проектом.

Contributions

D. E. Baranova: investigation, data curation, writing-original draft.

A. Yu. Krivoruchko: funding acquisition, supervision, writing-review & editing.

O. A. Yatsyk: investigation.

N. G. Likhovid: project administration.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Зиновьева Н.А., Костюнина О.В., Гладырь Е.А. и др. Роль ДНК-маркеров признаков продуктивности сельскохозяйственных животных. *Зоотехния*. 2013;9:5-7.
Zinovieva N.A., Kostyunina O.V., Gladyr E.A. et al. The role of DNA markers of productivity characteristics in farm animals. *Zootechnics*. 2013;9:5-7. (In Russ.).
2. Zhang L., Liu J., Zhao F. et al. Genome-wide association studies for growth and meat production traits in sheep. *PLoS ONE*. 2013;8(6):e66569. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0066569>
3. Han Y., Akhtar M.F., Chen W. et al. Potential candidate genes influencing meat production phenotypic traits in sheep: a review. *Frontiers in Veterinary Science*. 2025;12:1616533. <https://doi.org/10.3389/fvets.2025.1616533>
4. Krivoruchko A., Sermyagin A., Saprikina T. et al. Genome wide associations study of single nucleotide polymorphisms with productivity parameters in Jalgın merino for identification of new candidate genes. *Gene Reports*. 2021;23:101065. <https://doi.org/10.1134/S1022795423050095>
5. Dyer S.C., Austine-Orimoloye O., Azov A.G. et al. Ensembl 2025. *Nucleic Acids Research*. 2025;53(D1):D948-D957. <https://doi.org/10.1093/nar/gkae1071>
6. Zhu Y.F., Guo Y.B., Zhang H.Y. et al. Prognostic significance of contactin 3 expression and associated genes in glioblastoma multiforme. *Oncology Letters*. 2019;18(2):1863-1871. <https://doi.org/10.3892/ol.2019.10482>
7. Nikolaienko R.M., Hammel M., Dubreuil V. et al. Structural basis for interactions between contactin family members and protein-tyrosine phosphatase receptor type G in neural tissues. *Journal of Biological Chemistry*. 2016;291(41):21335-21349. <https://doi.org/10.1074/jbc.M116.742163>
8. Kilgour A.H., Todd O.M., Starr J.M. A systematic review of the evidence that brain structure is related to muscle structure and their relationship to brain and muscle function in humans over the lifecourse. *BMC Geriatrics*. 2014;14(85). <https://doi.org/10.1186/1471-2318-14-85>
9. Yeo G.W.M. Splicing regulators: targets and drugs. *Genome Biology*. 2025;6(240). <https://doi.org/10.1186/gb-2005-6-12-240>
10. Dwyer K., Agarwal N., Pile L. et al. Gene Architecture Facilitates Intron-Mediated Enhancement of Transcription. *Molecular Biosciences*. 2021;8:669004. <https://doi.org/10.3389/fmolb.2021.669004>
11. Boni C., Sorio C. The role of the tumor suppressor gene Protein Tyrosine Phosphatase Gamma (PTPRG) in cancer. *Frontiers in Cell and Developmental Biology*. 2022;9. <https://doi.org/10.3389/fcell.2021.768969>
12. Benavides M., Souza C., Moraes J. How efficiently Genome-Wide Association Studies (GWAS) identify prolificacy-determining genes in sheep. *Genetics and Molecular Research*. 2018;17(2):gmr16039909. <https://doi.org/10.4238/gmr16039909>
13. VanRaden P.M., Sullivan P.G. International genomic evaluation methods for dairy cattle. *Genetics Selection Evolution*. 2010;42(7). <https://doi.org/10.1186/1297-9686-42-7>
14. Трухачев В.И., Селионова М.И., Криворучко А.Ю. и др. Генетические маркеры мясной продуктивности овец (*Ovis aries* L.). Сообщение I. миостатин, кальпайн, кальпастатин. *Сельскохозяйственная биология*. 2018;53(6):1107-1119. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2018.6.1107rus>
Trukhachev V.I., Selionova M.I., Krivoruchko A.Yu. et al. Genetic markers of meat productivity of sheep (*Ovis aries* L.). I. Myostatin, Calpain, Calpastatin. *Agricultural Biology*. 2018;53(6):1107-1119. (In Russ.). <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2018.6.1107rus>
15. Gallegos J.E., Rose A.B. Intron DNA sequences can be more important than the proximal promoter in determining the site of transcript initiation. *Plant Cell*. 2017;4:843-853. <https://doi.org/10.1105/tpc.17.00020>
16. Prihandini P.W., Hariyono D.N., Tribudi Y.A. Myostatin gene as a genetic marker for growth and carcass traits in beef cattle. *Indonesian Bulletin of Animal and Veterinary Sciences*. 2021;31(1):37-42. <https://doi.org/10.14334/wartazoa.v3i1.2530>
17. Зуев Р.В., Криворучко А.Ю., Кухарук М.Ю., Никитина А.В. Поиск генов-кандидатов, ассоциированных с живой массой у овец северокавказской мясо-шерстной породы. *Вестник НГАУ* (Новосибирский государственный аграрный университет). 2023;(1):123-129. <https://doi.org/10.31677/2072-6724-2023-66-1-123-129>

- Zuev R.V., Krivoruchko A.Yu., Kukharuk M.Yu., Nikitina A.V. Search for candidate genes associated with live weight in north Caucasian meat and wool sheep. Bulletin of NSAU (Novosibirsk State Agrarian University). 2023;(1):123-129. (In Russ.). <https://doi.org/10.31677/2072-6724-2023-66-1-123-129>
18. Kunin E.V. The origin of introns and their role in eukaryogenesis: a compromise solution to the debate on whether introns appeared early or late. *Biology Direct*. 2006;2006;1(22). <https://doi.org/10.1186/1745-6150-1-22>

Сведения об авторах

Баранова Дарья Евгеньевна –

старший преподаватель базовой кафедры генетики и селекции, медико-биологический факультет, Северо-Кавказский федеральный университет, Ставрополь, Россия

<https://orcid.org/0009-0004-6736-7787>

SPIN-код: 2328-3321

dar.che4eneva@mail.ru

Криворучко Александр Юрьевич –

доктор биологических наук, главный научный сотрудник лаборатории геномной селекции и репродуктивной криобиологии в животноводстве, Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр, заведующий базовой кафедры генетики и селекции медико-биологического факультета, Северо-Кавказский федеральный университет, Ставрополь, Россия

<https://orcid.org/0000-0003-0130-3639>

SPIN-код: 9353-1475

rcvm@yandex.ru

Яцык Олеся Андреевна –

кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории геномной селекции и репродуктивной криобиологии в животноводстве, Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр, Ставрополь, Россия

<https://orcid.org/0000-0003-2730-2482>

SPIN-код: 5531-6919

malteze@mail.ru

Лиховид Наталья Геннадьевна –

ведущий научный сотрудник базовой кафедры генетики и селекции медико-биологического факультета, профессор кафедры ботаники, физиологии и биохимии растений медико-биологического факультета, Северо-Кавказский федеральный университет, Ставрополь, Россия

<https://orcid.org/0000-0002-1902-6660>

SPIN-код: 4744-2319

likhovid@rambler.ru

About the authors

Darya E. Baranova –

Senior Lecturer, Department of Genetics and Breeding, Faculty of Medical and Biological Sciences, North Caucasus Federal University, Stavropol, Russia

<https://orcid.org/0009-0004-6736-7787>

dar.che4eneva@mail.ru

Aleksandr Yu. Krivoruchko –

Dr. Sci. (Biol.), Chief Researcher, Laboratory of Genomic Selection and Reproductive Cryobiology in Animal Husbandry, North Caucasus Federal Scientific Agrarian Center; Head of the Department of Genetics and Breeding, Faculty of Medical and Biological Sciences, North Caucasus Federal University, Stavropol, Russia

<https://orcid.org/0000-0003-0130-3639>

rcvm@yandex.ru

Olesya A. Yatsyk –

Cand. Sci (Biol.), Researcher, Laboratory of Genomic Selection and Reproductive Cryobiology in Animal Husbandry, North Caucasus Federal Scientific Agrarian Center, Stavropol, Russia

<https://orcid.org/0000-0003-2730-2482>

malteze@mail.ru

Natalya G. Likhovid –

Leading Researcher, Department of Genetics and Breeding, Faculty of Medical Biology; Professor, Department of Botany, Plant Physiology, and Biochemistry, Faculty of Medical Biology, North Caucasus Federal University, Stavropol, Russia

<https://orcid.org/0000-0002-1902-6660>

likhovid@rambler.ru

<https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-4-34-46>

Анализ взаимосвязи показателей безопасности кормов и условий хранения растениеводческого сырья

КОРРЕСПОНДЕНЦИЯ:

Алла Владимировна Новикова
E-mail: navbaa@mail.ru

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Новикова А.В.
Анализ взаимосвязи показателей безопасности кормов с условиями хранения растениеводческого сырья. *Аграрный вестник Северного Кавказа*. 2025;15(4):34-46.

<https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-4-34-46> EDN ODPINU

ПОСТУПИЛА: 26.09.2025

ДОРАБОТАНА: 02.12.2025

ПРИНЯТА: 04.12.2025

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ:

автор сообщает об отсутствии конфликта интересов.

COPYRIGHT: © 2025 Новикова А.В.



А.В. Новикова 

Федеральный центр охраны здоровья животных (ФГБУ «ВНИИЗЖ»),
г. Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

ВВЕДЕНИЕ. Интенсификация сельского хозяйства опережает материально-технические возможности зернового комплекса России, что сказывается на качестве хранения растениеводческой продукции. Нарастающая проблема загрязнения зерна микотоксинами находит прямое отражение в росте числа проб кормов для животных, не соответствующих нормативам безопасности. При этом отсутствует анализ всех факторов, способствующих ухудшению показателей безопасности растениеводческого сырья как основного компонента в кормопроизводстве, а также готового продукта для животных.

ЦЕЛЬ. Определить наиболее токсичный корм для животных, поступивший в обращение на территорию России за 2023–2024 гг., и осуществить поиск основных факторов, влияющих на показатели безопасности как сырья, так и готового корма.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. В качестве объекта исследования выступали пробы кормов растительного происхождения, анализ которых выполнялся в испытательных лабораториях Федерального центра охраны здоровья животных (ФГБУ ВНИИЗЖ). Исследования проводились по следующим показателям: содержание микотоксинов и определение общей токсичности.

РЕЗУЛЬТАТЫ. Установлено, что основную долю в структуре токсичных кормов занимают комбикорма для сельскохозяйственных животных, чей удельный вес среди положительных проб составил 52 % в 2023 году и возрос до 69 % в 2024 году. На долю зерна и продуктов его переработки пришлось 18 и 7 %, кормов для непродуктивных животных – 18 и 12 % за соответствующие периоды. Выявлен основной источник токсичности – зерно кукурузы. Ключевым производственным этапом, ассоциированным с ухудшением качества и безопасности как сырья, так и готовой продукции, определен этап хранения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Проведенное исследование демонстрирует необходимость усиления контроля на этапе хранения сельскохозяйственной продукции. Разработанные рекомендации применимы для интеграции в программы производственного контроля и системы менеджмента качества на аграрных предприятиях, что будет способствовать повышению безопасности готовой продукции.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: безопасность кормов, микотоксины в зерне, хранение зерна, токсичные комбикорма, сельскохозяйственные животные, производственный контроль, общая токсичность, растениеводческая продукция

<https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-4-34-46>

Analysis of the relationship between feed safety indicators and storage conditions of crop raw materials

CORRESPONDENCE:**Alla V. Novikova**

E-mail: navbaa@mail.ru

FOR CITATION:

Novikova A.V.

Analysis of the relationship between feed safety indicators and storage conditions of crop raw materials.

Agrarian Bulletin of the North

Caucasus. 2025;15(4):34-46.

<https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-4-34-46> EDN ODPINU**RECEIVED:** 26.09.2025**REVISED:** 02.12.2025**ACCEPTED:** 04.12.2025**DECLARATION OF COMPETING INTEREST:**

none declared.

COPYRIGHT: © 2025 Novikova A.V.**Alla V. Novikova**

Federal Center for Animal Health (FSBI ARRIAH), Moscow, Russia

ABSTRACT

INTRODUCTION. The intensification of agriculture is outpacing the material and technical capabilities of Russian grain sector, which affects the quality of storage for plant-based products. The growing problem of grain contamination with mycotoxins is directly reflected in the increasing number of animal feed samples failing to meet safety standards. However, there is a lack of comprehensive analysis of all factors contributing to the deterioration of safety indicators for plant raw materials as the main component in feed production, as well as for the finished animal feed product.

AIM. To identify the most toxic type of animal feed introduced into circulation in Russia during 2023–2024 and to investigate the main factors affecting the safety indicators of both raw materials and finished feed.

MATERIALS AND METHODS. The work studied samples of plant-origin feeds, analyzed in the testing laboratories of the Federal Center for Animal Health (FSBI ARRIAH). Investigations were conducted on the following parameters: mycotoxin content and determination of general toxicity.

RESULTS. It was established that compound feeds for farm animals constitute the main share in the structure of toxic feeds. The proportion among positive samples was 52% in 2023 and increased to 69% in 2024. Grain and grain processing products accounted for 18 and 7%, while feeds for non-productive animals accounted for 18 and 12% for the respective periods. The primary source of toxicity was identified as corn grain. The key production stage associated with the deterioration of quality and safety for both raw materials and finished products was determined to be the storage stage.

CONCLUSION. The conducted research demonstrates the necessity of strengthening control at the stage of agricultural product storage. The developed recommendations are applicable for integration into production control programs and quality management systems at agricultural enterprises, which will contribute to enhancing the safety of finished products.

KEYWORDS: feed safety, mycotoxins in grain, grain storage, toxic compound feeds, farm animals, production control, general toxicity, plant-based products

ВВЕДЕНИЕ

Животноводство в отрасли АПК России имеет важное стратегическое значение, обеспечивая стабильность производства продуктов питания животного происхождения. В связи с этим государственному контролю качества и безопасности подлежат не только готовая животноводческая, но и растениеводческая продукция, в том числе корма и основные компоненты кормовых продуктов, предназначенные сельскохозяйственным животным [1; 2]. В связи с этим ежегодно проводится мониторинг безопасности пищевых продуктов и кормов на территории России, куда попадают импортируемые товары, а также продукция, произведенная на территории страны.

Большинство кормов, предназначенных для сельскохозяйственных животных, производят из растениеводческой продукции: зерно злаковых, бобовых, продукты переработки масличных культур, а также грубые корма (сено и солома), кормовые корнеклубнеплоды и другие существующие кормовые культуры, возделываемые в промышленных масштабах, поэтому контролю качества собранного урожая уделяется особое внимание [3]. Потребительские свойства зерна оцениваются в период уборки урожая в месте выращивания с географическим указанием в рамках Государственного мониторинга зерна, который проводит Россельхознадзор, с последующим декларированием произведенной товарной продукции, что гарантирует ее безопасность как сырья для дальнейшей переработки на пищевые и кормовые цели. Более того, ведется научно-практическая работа по выявлению необходимости научного сопровождения процедур идентификации опасных веществ в сельскохозяйственной продукции, с дальнейшей разработкой новых методик для работы в испытательных лабораториях [4; 5].

Несмотря на применяемые меры, загрязнение кормов остается серьезной проблемой для сельскохозяйственных животных как в интенсивном, так и в мелкомасштабном животноводстве и птицеводстве, поскольку основным источником микотоксинов являются корма [6]. Данный факт обусловлен физиологическими свойствами злаковых культур, которые очень чувствительны к вредоносному воздействию грибковой микрофлоры. В частно-

сти, полевые грибы способны заразить зерно еще в поле, поскольку условия окружающей среды для их развития благоприятны. Дополнительно, условия хранения могут способствовать дальнейшей контаминации зерна грибами, так называемыми грибами хранения, которые заражают зерно вскоре после сбора урожая и в течение периода хранения. [7; 8]. Все это приводит к накоплению микотоксинов как в зерне, так и в готовом кормовом продукте, поскольку определена их исключительная стабильность при переработке и хранении, что является главной опасностью [9]. С этой проблемой сталкиваются ученые и представители отрасли АПК по всему миру, ведя активный поиск эффективных путей снижения негативного воздействия токсинообразующих грибов на человека и животных [10].

Учеными отмечается, что существует серьезная проблема комбикормовых предприятий и животноводческих хозяйств – это поступление основного сырья (зерно), пораженного грибами и продуктами их жизнедеятельности (микотоксинами)¹ [11]. В связи с этим специалисты животноводческих комплексов столкнулись с интоксикацией животных. Микотоксикозы – это широко распространенная группа болезней, присущая всем живым организмам. Механизм патогенности токсинов изучается учеными на молекулярном уровне для создания теоретической основы смягчения физиологического ущерба, вызванного токсинами, и содействия разработке эффективных методов нутритивного вмешательства против этих токсинов [12; 13]. Эти токсины вызывают серьезное загрязнение пищевых продуктов, кормов и даже препаратов традиционной китайской медицины, угрожая глобальной продовольственной безопасности и нанося значительный экономический ущерб, что в совокупности представляет угрозу здоровью человека и животных [14-16].

Лабораторный контроль качества и безопасности кормов является обязательным этапом производства. Перспективным направлением представляется внедрение искусственного интеллекта в инструменты раннего оповещения о безопасности пищевых продуктов и выявления возникающих рисков [17]. Наиболее важными считаются показателями показатели безопасности, к которым относится и «общая токсичность» – показатель, характеризующий содержание токсичных веществ, способных вызывать интоксикацию организма

¹ В. А. Тутельян, Л. В. Кравченко. Микотоксины. Москва : Издательство «Медицина», 1985. 320 с.

с клиническими проявлениями: отравления, снижение продуктивности, обострение хронических заболеваний и гибель животных. Общая токсичность в кормах для всех видов животных и птицы в РФ не допускается в соответствии с ГОСТ Р 51899-2002 (п. 3.3.5) и ГОСТ 31674-2012; токсичные корма не подлежат скармливанию. Наличие токсичности кормов часто сопряжено с продуцированием микотоксинов в сырье.

Международное научное сообщество активно разрабатывает различные подходы к защите сельскохозяйственных животных от токсического воздействия кормов. В частности, в России разработаны рецептуры кормовых добавок лечебно-профилактического действия для сельскохозяйственных животных, тогда как венгерские ученые исследуют применение энтеросорбентов в рационе сельскохозяйственной птицы для снижения токсического воздействия корма [18; 19]. Мировые тенденции повышения устойчивости продовольственных систем к рискам идут по пути интеграции цифровых технологий за счет применения искусственного интеллекта в инструментах раннего оповещения о безопасности пищевых продуктов и выявления возникающих рисков [20].

Вместе с тем отсутствует системный анализ взаимосвязи между условиями хранения растениеводческого сырья и показателями безопасности готовых кормов, что не позволяет эффективно управлять соответствующими рисками. Выявление основных причин ухудшения показателей безопасности готовой продукции позволит идентифицировать операции в растениеводстве, негативно влияющие как на сырье, так и на готовую продукцию. Полученные данные позволяют работать над снижением рисков порчи продукции за счет корректировки условий хранения, что положительно скажется на обеспечении населения страны безопасными продуктами. Что касается здоровья животных, то идентификация групп потребителей, находящихся в зоне риска потребления токсичного корма, открывает возможности для разработки профилактических средств детоксикации организма сельскохозяйственных животных.

Проблему загрязнения кормов микотоксинами необходимо решать на этапе хранения сырья, а также путем выявления факторов, влияющих на качество и безопасность готовых кормов, посредством анализа рисков и определения критических контроль-

ных точек в применяемых агротехнологиях. Проведенный анализ литературных источников выявил недостаточную изученность взаимосвязи между условиями хранения сырья и показателями безопасности готовых кормов в российской практике. Данное исследование направлено на восполнение этого пробела.

Целью работы является определение наиболее токсичного вида корма для животных, поступавшего в обращение на территорию России в 2023-2024 гг., и выявление ключевых факторов, влияющих на показатели безопасности как сырья, так и готовой кормовой продукции, для предотвращения или снижения риска выпуска недоброкачественного корма.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалы

Все исследования проводились в испытательных лабораториях федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральный центр охраны здоровья животных» (ВНИИЗЖ) на территории Российской Федерации в 2023-2024 гг. Поступающие в лаборатории пробы были зашифрованы в соответствии с системой менеджмента качества организации, исследователи знали только матрицу материала и при необходимости состав (премиксы). Для определения общей токсичности проб использовалась суточная культура парамеций, находящаяся в фазе экспоненциального (активного) роста, а также проводилось биотестирование на мышах.

Анализ на микотоксины проводили при использовании стандартных образцов: Афлатоксин B1 (ГСО 7936-2001), Афлатоксин B2 (ГСО 7364-1997), Афлатоксин G1 (СОП 0008-97), G2 (AFg021), T-2 токсин (ГСО 7942-2001), Охратоксин (OC043B), Патулин (PAT012B), Фумонизин B1 (FB024), B2 (FB2-014), B3 (SSFB3003), Зеараленон (33131907), Дезоксинилваленол (DON014). Параметры: производитель Witega (Германия); концентрация раствора 100 мкг/см³; чистота 99,9%; срок хранения 1 год. Используемые реагенты: Ацетонитрил (C2H3N, AR), Хлороформ (CHCl₃, AR), Метанол (AR), n-гексан (C₆H₁₄, AR), Деионизованная вода.

Представленные сведения по практической организации хранения зерна и готовой кормовой продук-

ции взяты из литературных источников и личного производственного опыта работы в отрасли агропромышленного комплекса. Иллюстрации, представленные в публикации – из архива автора.

Методы

При исследовании наличия микотоксинов использовался хромато-масс-спектрометрический метод (ВЭЖХ МС/ МС). Исследования проводили согласно ГОСТ 34140-2017 «Продукты пищевые, корма, производственное сырье». Метод определения микотоксинов с помощью высокоеффективной жидкостной хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием» и ГОСТ 31674-2012 «КОРМА, КОМБИКОРМА, КОМБИКОРМОВОЕ СЫРЬЕ. Методы определения общей токсичности».

Лабораторное оборудование:

- термостат суховоздушный с диапазоном измерения температур от 15 до 55 °C и погрешностью регулирования температуры ±0,5 °C;
- шейкер для пробирок MultiReax;
- блок микроаквариумов луночных с размерами 15x8,5x1,3 см, изготовленный из оргстекла;
- микроскоп бинокулярный стереоскопический марки МБС;
- хромато-масс-спектрометр жидкостный LCMS-8060 (Shimadzu U.S.A. Manufacturing Inc., США);
- жидкостной хроматограф Agilent 1200;
- весы неавтоматического действия Secura 225D-1ORU (Sartorius, Германия);
- центрифуга напольная большого объема Thermo Scientific SL40R (Thermo Scientific, США).

Процедура исследования

Лабораторные исследования проводились в соответствии с областью аккредитации. Анализы выполнялись в двух параллелях: пробоподготовка образцов заключалась в экстрагировании пробы; для хроматографического анализа отфильтрованную аликвоту закалывали в хроматографе для дальнейшего детектирования. Оценка общей токсичности проводилась с использованием тест-организмов – инфузорий, реакция которых на контакт с исследуемым кормом служит индикатором

токсичности продукции. При положительном результате дальнейшие исследования проводились на мышах. Далее были собраны данные о результатах лабораторных исследований по показателям безопасности в регионах деятельности лабораторий ВНИИЗЖ, а также проанализированы результаты и все положительные пробы растительного сырья и кормов. После выявления матрицы токсичных кормов для поиска опасных факторов производства был проведен анализ имеющихся ресурсов у аграриев по обеспечению сохранности урожая.

Анализ данных

Статистическая обработка результатов включала расчет среднего содержания микотоксинов как по всему массиву проб, так и среди положительных проб. Аналогичный расчет выполнялся для показателя «общая токсичность» в разрезе лет исследований. Концентрации токсинов ниже предела обнаружения метода учитывались как нулевые.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализировались стационарные условия хранения растениеводческой продукции категории «фуражное зерно». Ресурсы элеваторного фонда России зачастую не обеспечивают в должном объеме оперативную приемку и подработку зерна в период активной уборочной кампании, что провоцирует длительное хранение зернового вороха на открытых площадках². Такое хранение приводит к ухудшению качественных показателей и повышает количественные потери зерна. Полученные данные согласуются с выводами других исследователей, отмечающих, что нарушение режимов хранения является ключевым фактором, способствующим развитию микробиологической порчи зерна [21; 22]. Также отмечаются случаи, когда сельскохозяйственный производитель закладывает на длительное хранение зерно с повышенной массовой долей воды от 1 до 3 % от базиса в стационарные зернохранилища (в основном это склады напольного хранения). В некоторых случаях такая технология используется для доведения хрупкого зернового сырья категории «семена» до базисной влажности [23].

² Правительство Российской Федерации: официальный сайт. Москва. Обновляется в течение суток. Текст: электронный. URL: <http://static.government.ru/media/files/y1IpA0ZfdMcfATNBKGff1cXEQ14yAx.pdf> (дата обращения: 09.07.2025).

Причинами подобной практики могут служить как упущененный контроль влажности заготовительно-го зерна, так и вынужденная мера для сохранения товарной продукции. Указанная ситуация инициирует процессы самосогревания, что закономерно ведет к ухудшению показателей качества и безопасности, поскольку появление свободной влаги в зерне резко увеличивает риск порчи продукции (плесневение, прогоркание или прокисание).

На рисунке 1 представлено образование, по форме напоминающее сталагмит. Это спрессованное зерно, которое появляется в зерновой массе товарной продукции. Такое явление достаточно часто встречается на практике в результате нарушения технологии хранения зерна, которое происходит на фоне самосогревания и образовавшегося конденсата при напольном хранении сыпучих масс. Зерно, сформированное в сталагмит, является источником тепла (очаг), которое распространяется по зерновой массе, что приводит к количественно-качественным потерям и ухудшению показателей безопасности. Одним из опасных показателей безопасности являются микотоксины. Наличие микотоксинов

в зерне может свидетельствовать о нарушении технологии доработки и хранения, что провоцирует контаминацию патогенных грибов.

Как видно из рисунка 2, большинство положительных проб были зарегистрированы в зерне кукурузы на кормовые цели. Основным выявленным микотоксином был Т-2 токсин (кукуруза, пшеница и ячмень), составив от 2 до 66 % выявлений, где максимальное количество положительных проб наблюдалось в зерне кукурузы с категорией на кормовые цели. Значительно ниже были результаты по микотоксину Охратоксин А (пшеница) – от 2 до 11 %. Афлатоксин В1 был зарегистрирован в зернах гречихи на пищевые цели – 12 %. Выявленная высокая доля контаминации кукурузы Т-2 токсином, вероятно, связана с ее физиологическими особенностями и повышенной уязвимостью к поражению грибами рода *Fusarium* в период вегетации и хранения. Стоит отметить, что регистрировался низкий процент выявления микотоксинов в зерне люпина, овса, нута, ржи и продуктов их переработки, а также в шроте рапсовом и в семенах конопли, результаты которых в гистограмму не включены.



Рисунок 1

Образование сталагмита (1) в зерновой массе кукурузы при хранении в складе напольного типа хлебоприемного пункта, Новосибирская область, 2023 г. (фото автора)

Figure 1

Formation of a stalagmite (1) in the corn grain mass during storage in a floor-type warehouse, Novosibirsk oblast, 2023 (photo by the author)

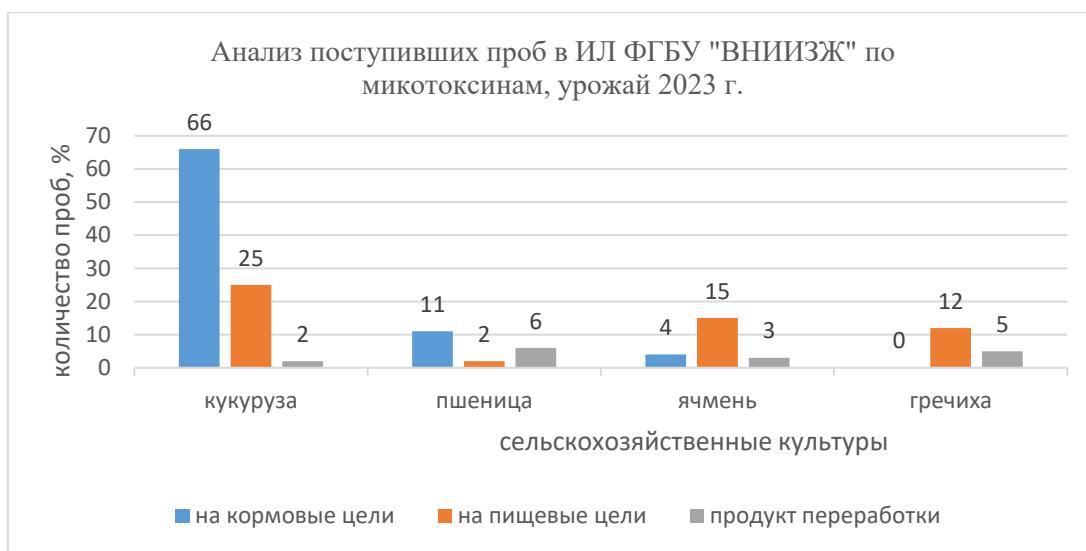


Рисунок 2

Наличие положительных проб³ по микотоксинам в основном растительном сырье по отношению к общему количеству поступивших проб на исследования за 2023 г., %

Figure 2

The presence of positive samples for mycotoxins in the main plant raw materials in relation to the total number of samples received for research in 2023, %

Загрязнение кукурузы микотоксинами имеет важное значение в рационе питания животных, поскольку его зерно используют в рационах всех продуктивных животных. Установлено, что кукуруза наиболее часто накапливает в себе грибы *Fusarium* и *Aspergillus*, которые включают виды, обладающие микотоксин-продуцирующим потенциалом [24].

Стоит отметить, что существует практика герметичного хранения зерна сельскохозяйственных культур в полимерных рукавах, где в большей степени хранят кукурузу, причем в основном в сыром состоянии с внесением консервантов. Однако из-за неравномерного попадания компонентов в массу зерна возможно ухудшение его показателей качества и безопасности и колебания температурных режимов в период хранения [19].

Готовая продукция

Формируется Государственный реестр кормов, кормовых добавок, премиксов, консервантов, используемых при силосовании растительного

сырья, который ежемесячно актуализируется. В актуальном реестре (на 30.06.2025) зарегистрировано 3948 позиций кормов, разрешенных к использованию на территории Российской Федерации, сюда же входит и импортированная продукция⁴.

Корма для сельскохозяйственных животных

Ассортимент кормов для сельскохозяйственных животных многогранен. Производство ведется в большинстве случаев по техническим условиям (ТУ) производителя, что хорошо для конечного потребителя, поскольку для контроля качества выпускаемой продукции юридическое лицо (производитель) обязано ежеквартально проводить внешние лабораторные испытания производимой продукции по всем указанным в ТУ показателям качества и безопасности. Каждый корм, как правило, имеет свое назначение, например, «для повышения продуктивности и нормализации микрофлоры пищеварительного тракта продуктивных молочных коров».

³ Положительные пробы – это термин, который используют в лабораторной деятельности при оценке максимально допустимого уровня (МДУ) количества вредных веществ в анализируемых пробах.

⁴ Федеральная государственная информационная система в области ветеринарии: официальный сайт. Москва. Обновляется в течение суток. Текст: электронный. URL: <https://fsvps.gov.ru/files/spisok-zaregistrirovannyh-kormovyh-dobavok-dlya-zhivotnyh/> (дата обращения: 09.07.2025).



Рисунок 3

Хранение комбикорма в железном контейнере на сельскохозяйственном рынке в Воронежской области, 2025 г. (фото автора)

Figure 3

Storing animal feed in an iron container at a farmer's market in the Voronezh Oblast, 2025 (photo by the author)

Хранение

Хранение готового продукта является ответственным этапом производства, поскольку неправильное ведение данного процесса может привести к порче всей товарной продукции. Хранение готовых кормов для сельскохозяйственных животных имеет свои особенности – размещение комбикормов в неприспособленных для этого помещениях и складах на сельскохозяйственных рынках и базах. Пример такого хранения приведен на рисунке 3.

Размещение комбикормов на рынках является сезонным мероприятием, но выпадает это на период года весна – лето, когда температура окружающей среды доходит до 40 °С. Естественно, что такая температура сохраняется и в местах хранения комбикормов, приведенных на рисунке 3. Железные ангары и контейнеры считаются неприспособленными складами для хранения готовой комбикормовой продукции, так как в них нет возможности

обеспечить необходимый микроклимат условий хранения готовых кормов – температура воздуха не более 25 °С, относительная влажность воздуха не более 80 %. Следовательно, можно предположить, что такое хранение готовой продукции может оказаться негативно и на его показателях безопасности. Наши наблюдения подтверждают, что несоблюдение регламентированных условий хранения готовой продукции является значимым риском, способным нивелировать все усилия по обеспечению безопасности на предыдущих этапах производства.

Анализ результатов лабораторных исследований

В 2024 году в испытательных лабораториях ВНИИЗЖ было исследовано 109 384 пробы на токсичность кормов, что в 12 раз больше, чем годом ранее (2023 г.). Наблюдалось существенное увеличение выявленных положительных проб⁶ (таблица 1).

⁵ Правила и условия хранения комбикормов нормируются ГОСТ 23462–2019 «Продукция комбикормовой промышленности. Правила приемки. Упаковка, маркировка, транспортирование и хранение».

⁶ Положительные пробы – это термин, который используют в лабораторной деятельности при оценке максимально допустимого уровня (МДУ) количества вредных веществ в пробах.

Таблица 1

Результаты обнаружения положительных проб испытательными лабораториями ВНИИЗЖ, 2023–2024 гг.

Table 1

Results of detection of positive samples by testing laboratories at ARRIAH, 2023–2024

Год исследований	Количество исследованных проб	Количество положительных проб
2023	8764	70
2024	109 384	128

Следует отметить, что производители кормов имеют возможность самостоятельно выбирать испытательные центры для анализа своей продукции. Однако значительный объем исследований, проведенных именно в лабораториях ВНИИЗЖ, свидетельствует о признании их компетентности производителями. Это подтверждается не только количественными показателями, но и качеством проводимых испытаний, а также успешным участием в межлабораторных сличительных испытаниях. Полученные данные позволяют сделать вывод о высокой репрезентативности выборки и достоверности выявленных тенденций, что создает надежную основу для дальнейшего анализа факторов, влияющих на безопасность кормов.

Результаты 2023 г.

На рисунке 4 представлена диаграмма положительных проб по показателю «общая токсичность» по перечню кормов, зарегистрированных с превышением установленных норм, где комбикорма для сельскохозяйственных животных имеют самый высокий процент выявления. Стоит отметить, что и корм для домашних животных также встречается токсичный.

Анализ структуры положительных проб показал, что комбикорма являются наиболее токсичным кормом из всех анализируемых за текущий период, а именно 52 пробы от общего количества положительных находок, из которых 40 проб составляют комбикорма, и 12 проб – кормовые добавки (кормовые смеси). Среди растительных кормов положительные результаты преимущественно регистрировались при исследовании продукции растениеводства:

- цельного зерна (пшеницы, кукурузы, гороха);
- продуктов переработки злаковых и масличных культур (соевый шрот, мучка, кормовые дрожжи);
- объемистых кормов.

Перечень положительных проб в 2023 г.

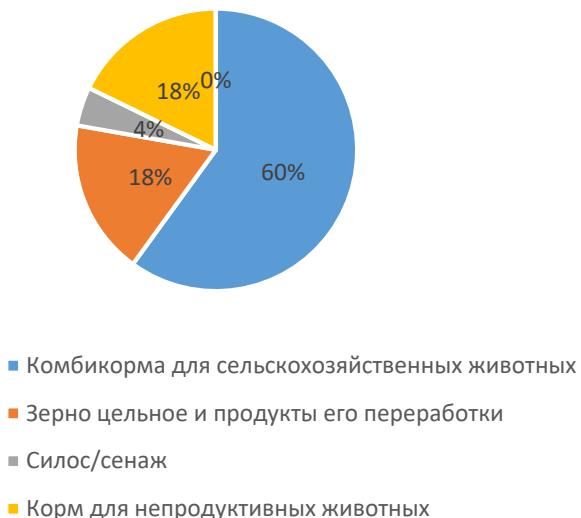


Рисунок 4

Распределение анализируемых положительных проб по назначению и происхождению, результаты 2023 г.

Figure 4

Distribution of analyzed positive samples by purpose and origin, 2023

Результаты 2024 г.

На рисунке 5 представлена диаграмма положительных проб по показателю «общая токсичность», выявленных испытательными лабораториями ФГБУ ВНИИЗЖ в 2024 г. Комбикорма для сельскохозяйственных животных сохраняют первенство в токсичности, а по отношению к результатам за 2023 г. имеют нарастающую динамику. Перечень токсичных кормов за данный период не изменился.

Согласно данным рисунка 5, токсичность выявлена в растительных кормах:

- цельном зерне ячменя и зернового шрота;
- продуктах переработки зерна (мучка кормовая дробленая, зерновые отруби и плющеная кукуруза);
- побочных продуктах переработки зерна, в том числе кормовых дрожжей из зерновой барды.

За анализируемый год были выявлены токсичные корма, предназначенные для непродуктивных животных. Сюда вошли и мультивитаминный комплекс для щенков и собак с кальцием, фосфором и витамином D, влажный корм рыбного происхождения, а также гранулированный сухой корм. Примечательно, что три импортированные пробы дали положительный результат по показателю «общая токсичность».

Полученные результаты исследований кормов

Комбикорм является наиболее часто регистрируемым как токсичный по отношению к другим кормам, проверяемым на показатель «общая токсичность».

В связи с этим считаем, что особое внимание следует уделить комбикормам для сельскохозяйственных животных, так как их качество напрямую влияет на безопасность продукции продовольственного рынка страны. Соответствующая выборка комбикормов по назначению представлена в таблице 2.

Данные таблицы 2 демонстрируют тенденцию к увеличению доли токсичных проб в кормах для продуктивных животных. Наиболее уязвимыми к токсинам в кормах оказались сельскохозяйственная птица, свиньи и крупный рогатый скот. Полученное распределение отражает высокую интенсивность метаболизма и восприимчивость этих видов животных к мицотоксинам, что отмечается в работах других авторов [16]. Поскольку именно эти виды животных формируют основу продовольственного животноводства, высока вероятность миграции токсинов и образующих их веществ в продукты питания, что создает серьезную угрозу для жизни и здоровья людей. В таблице также указаны основные регионы – производители комбикормов с наибольшей частотой выявления положительных проб. Кроме того, единичные случаи загрязнения были зафиксированы у производителей из Калужской, Псковской, Кемеровской, Волгоградской областей, а также из Южно-Сахалинска и Республики Адыгея. Выявленная география позволяет предположить, что проблема токсичности кормов не имеет четкой географической привязки и связана в первую очередь с нарушением технологических регламентов на конкретных производственных площадках, а не с климатическими особенностями территорий и антропогенных факторов.

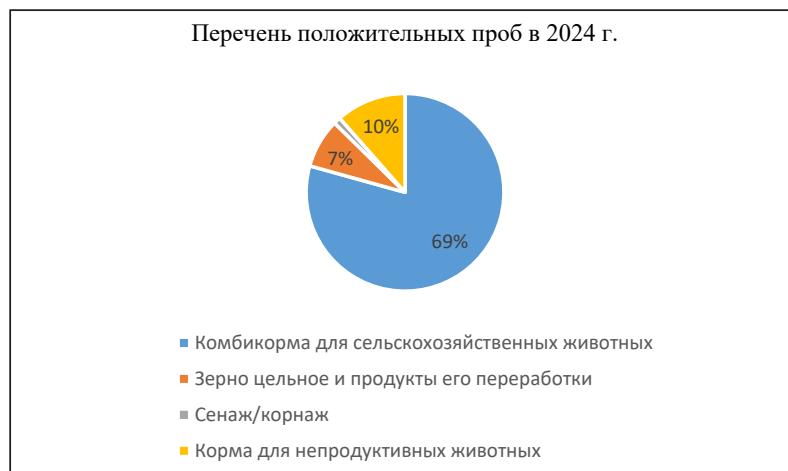


Рисунок 5

Распределение анализируемых положительных проб по назначению и происхождению, результаты 2024 г.

Figure 5

Distribution of analyzed positive samples by purpose and origin, 2024

Таблица 2

Положительные пробы комбикормов по показателю «общая токсичность», 2023–2024 гг.

Table 2

Positive samples of compound feed for the indicator "general toxicity", 2023–2024

Предназначение	Количество проб, 2023 г.	Количество проб, 2024 г.	География производителей
Для сельскохозяйственной птицы	12	43	Преобладают производители из Челябинской, Ленинградской, Тамбовской, Амурской и Тюменской обл., Республики Башкортостан и Татарстан
Для свиней	9	29	Преобладают производители из Саратовской, Челябинской, Ленинградской и Тамбовской обл.
Для крупного рогатого скота (КРС)	18	15	Преобладают производители из Республики Татарстан и Мордовии, Оренбургской и Ленинградской обл.
Для лошадей	1	1	Ленинградская обл.
Для рыб	1	2	Саратовская обл.
Для кроликов и пушных зверей	5	3	Калининградская обл.
Для овец	1	1	Свердловская обл.
Кормовые смеси и добавки для с.-х. животных	14	1	Преобладают производители из Московской, Ленинградской обл., Краснодарского края. Присутствует импортированная продукция
Итого	61	95	-

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное на базе испытательных лабораторий ВНИИЗЖ исследование выявило, что комбикорма для сельскохозяйственных животных являются наиболее проблемной категорией с точки зрения токсичности, демонстрируя значительный рост доли положительных проб с 52 % в 2023 г. до 69 % в 2024 г. Ключевым источником контаминации установлено фуражное зерно кукурузы, в котором максимально регистрировался T-2 токсин. Анализ подтвердил, что этап хранения является критическим фактором, обуславливающим ухудшение безопасности как сырья, так и готовой продукции, чemu способствуют широко распространенные в практике дефекты хранения. Основным ограничением исследования можно считать репрезентативность данных, ос-

нованных на пробах, поступивших в испытательные лаборатории ВНИИЗЖ, хотя их значительный объем и признанная компетентность позволяют считать выявленные тенденции обоснованными. Практическая значимость результатов заключается в обосновании необходимости усиления контроля на этапе хранения, в частности, путем интеграции мониторинга условий хранения сырья и расширения перечня показателей безопасности во входном контроле в программы производственного контроля предприятий. Перспективным направлением дальнейших исследований является разработка и валидация конкретных технологических решений и регламентов для критических точек хранения, а также изучение эффективности профилактических средств детоксикации для разных видов сельскохозяйственных животных в условиях реального производства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ/REFERENCES

1. Pexas G., Doherty B., Kyriazakis I. The future of protein sources in livestock feeds: implications for sustainability and food safety. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. 2023;13:7. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1188467>
2. Седова И.Б., Захарова Л.П., Чалый З.А. и др. Анализ загрязнения продовольственного зерна урожая 2020 года различными микотоксинами в Российской Федерации. *Иммунопатология, аллергология, инфектология*. 2023;(2):77-85. <https://doi.org/10.14427/jipai.2023.2.77>

- Sedova I.B., Zakharova L.P., Chalyy Z.A. et al. Mycotoxin screening in food grain produced in the Russian Federation in 2020. *Immunopathology, Allergology, Infectology*. 2023;2:77-85. (In Russ.). <https://doi.org/10.14427/jipai.2023.2.77>
3. Tomas M.K., Šangut I.J. New insights into mycotoxin contamination, detection, and mitigation in food and feed systems. *Toxins*. 2025;17(10):515. <https://doi.org/10.3390/toxins17100515>
4. Аксенов И.В., Седова И.Б., Чалый З.А. и др. Альтернариатоксины как фактор риска для здоровья населения. *Анализ риска здоровью*. 2023;(4):146-157. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2023.4.14>
- Aksenov I.V., Sedova I.B., Chalyy Z.A. et al. Alternaria toxins as a risk factor for population health. *Health Risk Analysis*. 2023;4:146-157. (In Russ.). <https://doi.org/10.21668/health.risk/2023.4.14.eng>
5. Новикова А.В. Свекловичный жом как возможный источник ингибирующих веществ пищевой цепочки человека. *Вестник КрасГАУ*. 2023;3:174-180. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2023-3-174-180>
- Novikova A.V. Beet pulp as a possible source of inhibitory substances of the human food chain. *Bulleten KrasSAU*. 2023;3:174-180. (In Russ.). <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2023-3-174-180>
6. Kononenko G.P., Zotova E.V., Burkin A.A. Advances in mycotoxicological research of forage grain crops. *Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya [Agricultural Biology]*. 2021;56(5):958-67. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2021.5.958eng>
7. Bonerba E., Manfredi A., Dimuccio M.M. et al. Ochratoxin A in poultry supply chain: Overview of feed occurrence, carry-over, and pathognomonic lesions in target organs to promote food safety. *Toxins*. 2024;16:487. <https://doi.org/10.3390/toxins16110487>
8. Новикова А.В., Подлипская К.В., Виноградова Е.А. и др. Оценка микробиологических показателей зерна кукурузы при полевом способе хранения. *Комбикорма*. 2025;9:67-70. <https://doi.org/10.69539/2413-287X-2025-09-4-249>
- Novikova A.V., Podlipskaya K.V., Vinogradova E.A. et al. Evaluation of microbiological parameters of corn grain during field storage. *Compound feed*. 2025;9:67-70. (In Russ.). <https://doi.org/10.69539/2413-287X-2025-09-4-249>
9. Wang R., Li M., Jin R. et al. Interactions among the composition changes in fungal communities and the main mycotoxins in simulated stored wheat grains. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2023;104(1):373-82. <https://doi.org/10.1002/jsfa.12928>
10. Viegas C., Nurme J., Piecková E. et al. Sterigmatocystin in foodstuffs and feed: Aspects to consider. *Mycology*. 2020;11:91-104. <https://doi.org/10.1080/21501203.2018.1492980>
11. Прудников В.С., Герман С.П. Влияние микотоксинов на организм высокопродуктивных коров и телят. *Наше сельское хозяйство*. 2019;14(214):60-65. EDN WTGYZI
- Prudnikov V.S., German S.P. The influence of mycotoxins on the organism of highly productive cows and calves. *Our Agriculture*. 2019;14(214):60-65. (In Russ.). EDN WTGYZI
12. Chenyu Ya., Mengyu Ye., Cong W. Mycotoxin contamination: Occurrence, biotransformation, pathogenic mechanisms, and strategies for nutritional intervention. *Molecules*. 2025;30(19):3860. <https://doi.org/10.3390/molecules30193860>
13. PittJ., Hocking A. *Fungi and food spoilage*. Springer Cham. 2022;645. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-85640-3>
14. Pacin A., González H., Etcheverry M. et al. Fungi associated with food and feed commodities from Ecuador. *Mycopathologia*. 2003;156:87-92. <https://doi.org/10.1023/A:1022941304447>
15. Kövesi B., Kulcsár S., Ancsin Z. et al. Short-term effects of dietary selenomethionine supplementation on hepatic and renal transcriptomic alterations induced by ochratoxin in broiler chickens. *Toxins*. 2025;17:460. <https://doi.org/10.3390/toxins17090460>
16. Mu W., Kleter G.A., Bouzembrak Y. et al. Making food systems more resilient to food safety risks by including artificial intelligence, big data, and internet of things into food safety early warning and emerging risk identification tools. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2024;23:e13296. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.13296>

17. Капитонова Е.А., Власенко Е.В. Токсичность кормовой добавки при использовании тестобъекта Tetrahymena Pyriformis. *Международный вестник ветеринарии*. 2023;2:115-120. <https://doi.org/10.52419/issn2072-2419.2023.2.115>
Kapitonova E.A., Vlasenko E.V. Toxicity of feed additive when using the test object Tetrahymena Pyriformis. *International Bulletin of Veterinary Medicine*. 2023;2:115-120. (In Russ.). <https://doi.org/10.52419/issn2072-2419.2023.2.115>
18. Кузнецов И.Е., Закурдаева Е.И., Бражников К.А. и др. Оценка современного состояния отечественного рынка комбикормов в условиях новой экономической реальности. *Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий*. 2022;84(2):394-399. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2022-2-394-399>
Kuznetsov I.E., Zakurdaeva E.I., Brazhnikov K.A. et al. Assessment of the current state of the domestic mixed fodder market under the new economic reality. *Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies*. 2022;84(2):394-399. (In Russ.). <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2022-2-394-399>
19. Новикова А.В. Способы длительного хранения зерна кукурузы в полиэтиленовых конструкциях. *Аграрный научный журнал*. 2025;3:129-135. <https://doi.org/10.28983/asj.y2025i3pp129-135>
Novikova A.V. Field storage of corn grain in polyethylene structures. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal*. 2025;(3):129-135. (In Russ.). <https://doi.org/10.28983/asj.y2025i3pp129-135>
20. Platonov S., Eregina I., Artamonov A. et al. Detection of trace contaminants in cattle feed in northwest Russia. *BIO Web of Conferences*. 2024;139:11008. <https://doi.org/10.1051/bio-conf/202413911008>
21. Гурьева К.Б., Тарасова И.А., Тарасова Е.А. Значение влажностного режима при хранении хлебопродуктов для обеспечения их сохранности. *Товаровед продовольственных товаров*. 2022;8:543-551. <https://doi.org/10.33920/igt-01-2208-07>
Guryeva K.B., Tarasova I.A., Tarasova E.A. The importance of humidity conditions during storage of bakery products to ensure their safety. *Food Commodity Expert*. 2022;8:543-551. (In Russ.). <https://doi.org/10.33920/igt-01-2208-07>
22. Новикова А.В. Технические способы доработки зерна гороха в производственных условиях сельскохозяйственного производителя. *Аграрный научный журнал*. 2025;1:112-119. <https://doi.org/10.28983/asj.y2025i1pp112-119>
Novikova A.V. Technical methods of post-harvesting pea grain in the production conditions of an agricultural producer. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal*. 2025;(1):112-119. (In Russ.). <https://doi.org/10.28983/asj.y2025i1pp112-119>
23. Chen A., Mao X., Sun Q. et al. Alternaria Mycotoxins: An overview of toxicity, metabolism, and analysis in food. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2021;69(28):7817-7830. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.1c03007>

Сведения об авторе

Новикова Алла Владимировна –
кандидат сельскохозяйственных наук, младший
научный сотрудник химико-токсикологического
отдела, ИЦНМВЛ ФГБУ «ВНИИЗЖ», Москва, Россия
<https://orcid.org/0000-0001-5992-8565>
SPIN-код: 7879-1590
navbaa@mail.ru

About the author

Alla V. Novikova –
Cand. Sci. (Agric.), Assistant Researcher, Chemical and
Toxicological Department, ICNMVL FGBI ARRIAH, Federal
Center for Animal Health Protection, Moscow, Russia
<https://orcid.org/0000-0001-5992-8565>
navbaa@mail.ru

<https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-4-47-56>

Сезонная динамика питательных элементов в чернозёме выщелоченном при внесении фосфатных удобрений в посевах подсолнечника в условиях Ставропольской возвышенности

КОРРЕСПОНДЕНЦИЯ:

Валерий Сергеевич Цховребов
E-mail: tshovrebov@mail.ru

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Цховребов В.С., Вовк А.М.
Сезонная динамика питательных элементов в чернозёме выщелоченном при внесении фосфатных удобрений в посевах подсолнечника в условиях Ставропольской возвышенности. *Аграрный вестник Северного Кавказа*. 2025;15(4):47-56.
<https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-4-47-56> EDN OPTGUA

ПОСТУПИЛА: 22.07.2025

ДОРАБОТАНА: 04.12.2025

ПРИНЯТА: 08.12.2025

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ:

авторы сообщают об отсутствии конфликта интересов.

COPYRIGHT: © 2025 Цховребов В.С.,
Вовк А.М.



В.С. Цховребов , А.М. Вовк

Ставропольский государственный аграрный университет,
Ставрополь, Россия

АННОТАЦИЯ

ВВЕДЕНИЕ. В Северо-Кавказском регионе России черноземы выщелоченные стоят на втором месте после чернозёмов обыкновенных. Такие почвы характеризуются отсутствием карбонатов и более высоким коэффициентом использования фосфора из удобрений по сравнению с карбонатными аналогами. Однако эффективность различных форм фосфорных удобрений на этих почвах, особенно при возделывании подсолнечника, остается недостаточно изученной.

ЦЕЛЬ. Изучить влияние фосфорсодержащих удобрений на содержание элементов питания в сезонной динамике в чернозёме выщелоченном в посевах подсолнечника.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Исследования проводились на опытной станции Ставропольского государственного аграрного университета, расположенного на Ставропольской возвышенности на юге России. Объектом изучения служил чернозём выщелоченный среднемощный малогумусный тяжелосуглинистый на лессовидных суглинках. Высеваемая культура – подсолнечник. Фосфорсодержащие удобрения вносились из расчета 52 кг/га в действующем веществе и в следующих физических дозах: аммофос – 100; диаммофос – 110; жидкие комплексные удобрения (ЖКУ) – 140 иmonoаммонийфосфат – 85 кг/га. Удобрения вносили тремя способами: под основную обработку, при посеве и комбинированно – 50 % дозы под основную обработку и 50 % при посеве. Почвенные образцы отбирали из зоны ризосфера (0–20 см).

РЕЗУЛЬТАТЫ. Установили, что применение аммофоса, диаммофоса, ЖКУ и monoаммонийфосфата увеличивает содержание нитратного азота и подвижного фосфора в большей степени при внесении удобрений при посеве. В фазу всходов это позволяет классифицировать переход от средней к повышенной обеспеченности почвы по подвижному фосфору. В течение вегетации наблюдалось снижение или отсутствие различий между контролем и вариантами опыта в изучаемых показателях в фазы цветения и полного созревания подсолнечника. На содержание подвижных калия и серы применение удобрений не оказывало влияния.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Полученные результаты позволяют рекомендовать внесение фосфорных удобрений, особенно monoаммонийфосфата, при посеве как агротехнический прием для повышения содержания фосфора при выращивании подсолнечника на чернозёме выщелоченном в Северо-Кавказском регионе.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: подсолнечник, чернозем, Ставропольская возвышенность, аммофос, диаммофос, жидкие комплексные удобрения, monoаммонийфосфат, подвижный фосфор, нитратный азот

<https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-4-47-56>

Seasonal dynamics of nutrients in leached chernozem under phosphate fertilizer application in sunflower crops in the conditions of the Stavropol Upland

CORRESPONDENCE:

Valery S. Tskhovrebov
E-mail: tshovrebov@mail.ru

FOR CITATION:

Tskhovrebov V.S., Vovk A.M. Seasonal dynamics of nutrients in leached chernozem under phosphate fertilizer application in sunflower crops in the conditions of the Stavropol Upland. *Agrarian Bulletin of the North Caucasus*. 2025;15(4):47-56. <https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-4-47-56> EDN OPTGUA

RECEIVED: 22.07.2025

REVISED: 04.12.2025

ACCEPTED: 08.12.2025

DECLARATION OF COMPETING INTEREST:
none declared.

COPYRIGHT: © 2025 Tskhovrebov V.S.,
Vovk A.M.



Valery S. Tskhovrebov ANDrey M. Vovk

Stavropol State Agrarian University, Stavropol, Russia

ABSTRACT

INTRODUCTION. In the North Caucasus region of Russia, leached chernozem soil is the second most common type after typical Chernozem. This soil is characterized by the absence of carbonates and a higher utilization coefficient of phosphorus from fertilizers compared to their calcareous counterparts. However, the efficiency of various forms of phosphorus fertilizers on these soils, especially when cultivating sunflower, remains insufficiently studied.

AIM. To study the influence of phosphorus-containing fertilizers on the seasonal dynamics of nutrient elements in leached chernozem under sunflower crops.

MATERIALS AND METHODS. The research was conducted at the experimental station of the Stavropol State Agrarian University, located on the Stavropol Upland in southern Russia. Sunflower was cultivated on a medium-thick, low-humus, heavy-loamy leached chernozem on loess-like loam. Phosphorus-containing fertilizers were applied at a rate of 52 kg/ha in terms of active substance (P_2O_5), using the following physical rates: ammonium phosphate (amorphos) – 100 kg/ha; diammonium phosphate (diammophos) – 110 kg/ha; liquid complex fertilizers (LCF) – 140 kg/ha; and monoammonium phosphate (MAP) – 85 kg/ha. Fertilizers were applied using three methods: during primary tillage, at sowing, and in a combined manner (50% of the dose during primary tillage and 50% at sowing). Soil samples were collected from the rhizosphere zone (0–20 cm).

RESULTS. It was found that the application of ammophos, diammophos, LCF, and monoammonium phosphate increased the content of nitrate nitrogen and available phosphorus to a greater extent when fertilizers were applied at sowing. During the seedling stage, this resulted in a transition of the available phosphorus status of soil from medium to high. During the growing season, a decrease or absence of differences between the control and the experimental treatments in the studied parameters was observed by the stages of sunflower seedlings and full maturity. The application of fertilizers did not affect the content of exchangeable potassium and available sulfur.

CONCLUSION. This study demonstrates that applying phosphorus fertilizers at sowing, notably monoammonium phosphate, effectively increases soil available phosphorus for sunflower production in the North Caucasus region.

KEYWORDS: sunflower, chernozem, Stavropol Upland, ammonium phosphate, diammonium phosphate, liquid complex fertilizers, monoammonium phosphate, available phosphorus, nitrate nitrogen

ВВЕДЕНИЕ

Подсолнечник входит в тройку ключевых масличных культур в мировом масштабе, а объемы его производства продолжают устойчиво расти [1; 2]. Ожидается, что в ближайшие десятилетия глобальный спрос на его семена возрастет в разы, что создаст повышенную нагрузку на аграрный сектор во всем мире [3]. Значимость этой культуры особенно высока для России, которая является одним из мировых лидеров по ее возделыванию и экспорту [4–6]. В рамках страны особую роль в производстве подсолнечника играют регионы Северного Кавказа, чьи благоприятные почвенно-климатические условия вносят существенный вклад в общероссийские объемы сбора. В 2025 году в России подсолнечник занимает 11 043,3 тыс. га, из которых в Ставропольском крае – 257,8 тыс. га. Вдвое больше посевов в соседнем Краснодарском крае и в 3,5 раза больше, чем в Ростовской области.

Как масличная культура, подсолнечник предъявляет особые требования к уровню минерального питания [7–10]. Современные исследования подтверждают критическую роль фосфора в формировании урожайности и качества подсолнечника [11]. Дефицит фосфора на начальных этапах вегетации снижает продуктивность культуры на 25–40 %, негативно влияет на масличность семян [12; 13]. Одной из характерных особенностей фосфорных удобрений является их низкая растворимость [14; 15]. В практике сельскохозяйственного производства в последнее время появляются фосфорсодержащие удобрения, обладающие относительно хорошей растворимостью [16]. Некоторые ученые считают применение растворимых фосфорных удобрений более эффективным [17]. Данные удобрения могут использоваться как в качестве основного внесения, так и для подкормки сельскохозяйственных культур [18]. Их влияние на урожайность сельскохозяйственных культур не до конца изучено. Тем более мало изучены способы и сроки их внесения [19; 20].

Исследуемым Северо-Кавказским регионом является Ставропольский край, основные почвы которого представлены чернозёмами обыкновенными [21]. Их карбонатный комплекс может блокировать растворимость фосфатов и снижать эффективность фосфорных удобрений [22]. Чернозёмы выщелоченные, также встречающиеся в исследуемом регионе, лишены карбонатного материала, и коэффициент использования фосфора удобрений у них более

высокий, чем у карбонатных аналогов [23]. В связи с этим возникает необходимость исследования применения различных по растворимости фосфорных удобрений на почвах с более низкой химической поглотительной способностью, чем их зональные карбонатные аналоги.

Целью исследования является изучение влияния фосфорсодержащих удобрений на содержание элементов питания в сезонной динамике в чернозёме выщелоченном Ставропольской возвышенности. Задачей исследования являлось определить влияние различных видов фосфорсодержащих удобрений и способов их внесения на содержание нитратного азота, подвижных фосфора, калия и серы в почве в фазы всходов, цветения и полной спелости подсолнечника.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалы

Исследования проводились на опытной станции Ставропольского государственного аграрного университета, расположенного в Северо-Кавказском регионе России на Ставропольской возвышенности (координаты 44.984938, 42.028157). Почва – чернозём выщелоченный среднемощный малогумусный тяжелосуглинистый на лессовидных суглинках. Высеваемая культура – подсолнечник. Исследования проводились в 2023 и в 2024 годах.

По условиям влагообеспеченности опытная станция находится на границе зон умеренного и неустойчивого увлажнения. Климат теплый, умеренно влажный, отличается континентальностью. Средняя многолетняя сумма осадков составляет 623 мм. На период активной вегетации растений приходится 70–75 % от всей суммы осадков. Гидротермический коэффициент (ГТК) равен 1,1–1,3.

Методы

Фосфорсодержащие удобрения вносились из расчета 52 кг/га в действующем веществе и в следующих физических дозах: аммофос – 100; диаммофос – 110; ЖКУ – 140 и мономонийфосфат – 85 кг/га.

Удобрения вносили тремя способами: под основную обработку, при посеве и комбинированно –50 % дозы под основную обработку и 50 % при посеве. Почвенные образцы отбирали из зоны ризосферы (0–20 см). Определение содержания основных

элементов питания производили по следующим методикам: нитратный азот – ионометрическим методом; подвижный фосфор и калий – по Мачигину в модификации ЦИНАО; подвижная сера – по методу ЦИНАО ГОСТ 26490-85. Опыт заложен в трехкратной повторности, размещение делянок реномизированное, размер делянки 4,2x10 метров. Статистическая обработка осуществлена по методу Доспехова.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате проведенных исследований мы выявили, что содержание нитратного азота в фазу всходов подсолнечника в 2023 году имело определенное различие по вариантам опыта (таблица 1). Наименьшим содержание этого элемента было на контроле и составило 14,8 мг/кг. На вариантах с применением аммофоса наблюдалось достоверное увеличение исследуемого показателя. Наибольшим количеству нитратного азота было на варианте с припосевным внесением удобрения. Разница с контролем составила 2,6 мг/кг.

Таблица 1

Содержание элементов питания в фазу всходов подсолнечника в 2023–2024 гг. в слое 0–20 см (мг/кг)

Table 1

Content of nutrients in the sunflower seedling phase in 2023–2024 in the 0–20 cm layer (mg/kg)

Вариант опыта	NO ₃		P ₂ O ₅		K ₂ O		S	
	2023	2024	2023	2024	2023	2024	2023	2024
1. Контроль	14,8	16,3	20,9	21,6	222	217	2,6	2,7
2. Аммофос под основную обработку 100 кг/га	16,2	17,7	25,4	26,1	219	229	2,8	2,9
3. Аммофос при посеве 100 кг/га	17,4	18,3	27,5	28,9	229	227	2,5	2,7
4. Аммофос под основную обработку и при посеве 50/50 кг/га	16,9	18,0	25,7	27,0	228	231	3,0	3,0
5. Диаммофос под основную обработку 110 кг/га	15,8	17,1	26,0	27,4	227	234	3,1	3,1
6. Диаммофос при посеве 110 кг/га	17,0	18,5	27,8	28,6	231	229	2,9	3,0
7. Диаммофос под основную обработку и при посеве 55/55 кг/га	16,8	18,3	26,6	27,0	219	225	2,8	2,9
8. ЖКУ под основную обработку 140 кг/га	17,5	18,4	27,1	27,8	224	222	3,2	3,2
9. ЖКУ при посеве 140 кг/га	21,4	22,7	31,2	31,9	223	218	3,3	3,1
10. ЖКУ под основную обработку и при посеве 70/70 кг/га	18,6	19,7	28,3	28,8	228	219	2,7	3,0
11. Моноаммонийфосфат под основную обработку 85 кг/га	18,4	19,7	27,9	28,2	233	229	2,9	2,9
12. Моноаммонийфосфат при посеве 85 кг/га	22,1	23,8	31,7	32,1	218	222	3,3	3,2
13. Моноаммонийфосфат под основную обработку и при посеве 43/43 кг/га	19,0	20,5	29,0	29,3	224	229	3,2	3,1
HCP ₀₅	1,5	1,9	1,4	1,2	10,2	8,6	0,5	0,6

При внесении диаммофоса изменения в содержании подвижного фосфора схожи с внесением аммофоса. Применение ЖКУ иmonoаммонийфосфата привело к большему увеличению исследуемого показателя. Внесение ЖКУ под основную обработку и под основную и при посеве привело к возрастанию количества элемента питания на 6,2 и 7,9 мг/кг соответственно. Больше всего подвижного фосфора было при посеве. Разница с контролем составила 10,3 мг/кг. Это позволило классифицировать переход от средней к повышенной обеспеченности почвы по этому элементу питания. Аналогичные результаты были получены А. А. Сычевым в 2023 году [23]. При внесении monoаммонийфосфата наблюдалась сходная тенденция с внесением ЖКУ.

Исследования, проведенные в 2024 году, подтвердили результаты 2023 года. Примечательно, что на всех вариантах опыта наиболее высоким содержание нитратного азота и подвижного фосфора в зоне ризосфера подсолнечника было в результате внесения удобрений при посеве. В содержании подвижного калия не было выявлено определенной закономерности между вариантами опыта как в 2023, так и в 2024 году. Его значения колебались в пределах 217–230 мг/кг. Обеспеченность почвы подвижной серой классифицируется как низкое.

Между вариантами опыта не было выявлено сколько-нибудь значимой разницы. Содержание изучаемого элемента питания было в пределах 2,7–3,2 мг/кг. Такое различие – ниже наименьшей существенной разницы между вариантами опыта.

Исследования, проведенные в фазу цветения подсолнечника, указали на изменения в содержании элементов питания между вариантами опыта (таблица 2). Количество нитратного азота имеет тенденцию к снижению и к стиранию различий между вариантами опыта как в 2023, так и в 2024 году. Его содержание колебалось в пределах 15,8–17,5 мг/кг и находилось в пределах ошибки опыта. Следовательно, уже к фазе цветения действие азота удобрений прекращается. Содержание подвижного фосфора по-прежнему наименьшее на контроле как в 2023, так и в 2024 году и составляет соответственно 22,8 и 23,5 мг/кг. На вариантах с применением изучаемых удобрений количество изучаемого элемента питания выше, чем на контроле в среднем на 1–4 мг/кг в 2023 году и на 1,0–4,3 мг/кг в 2024 году. Особо значимых различий между вариантами внесения удобрений не обнаружено. Следовательно, за этот период вегетации за счет выноса фосфора растениями его количество нивелируется.

Таблица 2

Содержание элементов питания в фазу цветения подсолнечника в 2023 и в 2024 гг. в слое 0–20 см (мг/кг)

Table 2

Content of nutrients in the flowering phase of sunflower in 2023 and 2024 in the 0–20 cm layer (mg/kg)

Вариант опыта	NO ₃		P ₂ O ₅		K ₂ O		S	
	2023	2024	2023	2024	2023	2024	2023	2024
1. Контроль	15,8	16,1	22,8	23,2	221	213	2,6	2,5
2. Аммофос под основную обработку 100 кг/га	16,3	17,3	25,0	25,9	218	220	2,8	2,8
3. Аммофос при посеве 100 кг/га	16,0	15,9	24,9	25,8	223	219	2,4	2,7
4. Аммофос под основную обработку и при посеве 50/50 кг/га	15,5	15,4	24,6	25,7	226	223	2,9	2,8
5. Диаммофос под основную обработку 110 кг/га	16,2	16,8	25,5	26,2	219	219	3,0	2,9
6. Диаммофос при посеве 110 кг/га	15,8	16,4	26,8	27,5	230	217	3,1	3,0
7. Диаммофос под основную обработку и при посеве 55/55 кг/га	16,3	17,2	26,1	26,3	222	218	2,7	2,8
8. ЖКУ под основную обработку 140 кг/га	16,6	16,0	23,8	24,7	219	217	2,5	3,0
9. ЖКУ при посеве 140 кг/га	17,3	17,2	25,2	25,6	215	213	2,4	3,0
10. ЖКУ под основную обработку и при посеве 70/70 кг/га	16,4	16,2	23,9	24,2	221	215	2,9	2,9
11. Мономономийфосфат под основную обработку 85 кг/га	16,7	16,8	24,0	25,8	229	221	2,5	2,8
12. Мономономийфосфат при посеве 85 кг/га	17,5	17,0	26,7	27,5	231	217	3,2	3,0
13. Мономономийфосфат под основную обработку и при посеве 43/43 кг/га	16,6	17,1	25,0	25,1	227	218	3,1	3,0
HCP 05	1,7	2,0	1,7	1,4	11,1	9,5	0,4	0,5

Содержание подвижного калия, как и в фазу всходов, не имеет четко выраженной тенденции к изменению между вариантами опыта и незначительно му возрастанию по сравнению с фазой всходов. Его количество колебалось в пределах 218–231 мг/кг в 2023 году и 213–218 в 2024 году. По всей видимости, изучаемая величина, как отмечают многие исследователи [24–26], зависит в большей степени не от фазы развития культуры, а от влажности почв.

В период цветения происходило снижение содержания влаги в почве, что способствовало некоторой трансформации кристаллической структуры глинистых минералов и высвобождению калия. Содержание подвижной серы также было на низком уровне и соответствовало ошибке опыта между вариантами исследований.

В фазу полной спелости подсолнечника изменения в содержании элементов питания становятся малозаметными на вариантах внесения удобрений по сравнению с контролем (таблица 3).

Общее количество нитратного азота находится на том же уровне, что и в предыдущие фазы развития, но не прослеживаются различия между вариантами опыта, на что указывает наименьшая существенная разница. Содержание подвижного фосфора на контроле в 2023 и в 2024 году составляет 22,8 и 23,4 мг/кг соответственно. Но это уже не самые низкие показатели по сравнению с вариантами внесения удобрений. При внесении ЖКУ получены показатели ниже контрольных, хотя различия можно считать недостоверными. В результате внесенияmonoаммонийфосфата изучаемый показатель несколько выше контрольного. Это относится к обоим годам исследований. Увеличение содержания подвижного фосфора остается достоверным на варианте внесения аммофоса. При применении диаммофоса различия достоверны только при внесении удобрения под основную обработку в 2023 году, а в 2024 году по всем вариантам внесения данного удобрения. Содержание обменных калия и серы по вариантам опыта аналогично предыдущим срокам исследования.

Таблица 3

Содержание элементов питания в фазу спелости подсолнечника в 2023 и в 2024 гг. в слое 0–20 см (мг/кг)

Table 3

Content of nutrients in the ripening phase of sunflower in 2023 and 2024 in the 0–20 cm layer (mg/kg)

Вариант опыта	NO ₃		P ₂ O ₅		K ₂ O		S	
	2023	2024	2023	2024	2023	2024	2023	2024
1. Контроль	17,2	16,0	22,8	23,4	211	208	2,3	2,4
2. Аммофос под основную обработку 100 кг/га	18,0	17,1	24,7	25,2	213	210	2,4	2,7
3. Аммофос при посеве 100 кг/га	16,9	15,7	25,0	25,4	216	209	2,3	2,6
4. Аммофос под основную обработку и при посеве 50/50 кг/га	16,7	15,2	24,8	25,3	212	210	2,2	2,8
5. Диаммофос под основную обработку 110 кг/га	17,1	16,6	24,6	25,9	210	208	2,6	2,8
6. Диаммофос при посеве 110 кг/га	17,7	16,2	24,3	24,9	209	211	2,9	2,8
7. Диаммофос под основную обработку и при посеве 55/55 кг/га	18,3	17,0	24,0	25,5	207	215	2,3	2,7
8. ЖКУ под основную обработку 140 кг/га	17,0	15,8	22,8	22,9	211	212	3,0	2,9
9. ЖКУ при посеве 140 кг/га	17,3	17,0	22,5	22,6	215	209	2,6	3,0
10. ЖКУ под основную обработку и при посеве 70/70 кг/га	16,4	16,1	22,0	22,1	208	210	3,1	2,8
11. Мономоаммонийфосфат под основную обработку 85 кг/га	17,6	16,6	23,6	24,6	213	210	3,0	2,8
12. Мономоаммонийфосфат при посеве 85 кг/га	16,8	15,8	24,0	24,2	216	215	2,8	2,9
13. Мономоаммонийфосфат под основную обработку и при посеве 43/43 кг/га	16,3	17,0	23,8	24,0	215	213	3,1	2,8
HCP ₀₅	1,6	2,1	1,7	1,5	9,2	9,7	0,4	0,6

Полученные результаты могут быть интерпретированы только на конкретные почвы – чернозёмы выщелоченные, образованные на лессовидных суглинках. Показатели химической поглотительной способности у этих почв коренным образом отличаются от показателей других подтипов чернозёмов Северного Кавказа. Благодаря отсутствию карбонатов кальция, нейтральной или слабокислой реакции среды фосфор удобрений слабо переходит в недоступные формы, благодаря чему повышается коэффициент использования фосфорных удобрений, который находится в пределах 0,8–0,85 [14]. На почвах, содержащих карбонатный материал, происходит инактивация растворимых фосфатов и переход их в недоступные формы. Коэффициент использования фосфорных удобрений снижается до 0,65–0,75.

В Ставропольском крае изучаемые почвы занимают всего 0,9 % территории [13]. В Северо-Кавказском регионе площади чернозёмов выщелоченных возрастают до 30 % от площади всех чернозёмов. Следовательно, полученные данные могут быть использованы при выращивании подсолнечника на аналогичных почвах, и особенно в Краснодарском крае, где площадь чернозёмов выщелоченных составляет до 40 % [19].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование показало, что припосевное внесение фосфорсодержащих удобрений (аммофоса, диаммофоса, ЖКУ иmonoаммонийфосфата) является наиболее эффективным способом повышения содержания азота и фосфора для подсолнечника на черноземе выщелоченном в условиях Северного Кавказа. Наибольшая концентрация подвижного фосфора наблюдалась в фазу всходов, где отмечен переход от средней к повышенной обеспеченности почвы данным элементом. В течение вегетации различия между контролем и опытными вариантами нивелировались, в то время как на содержание калия и серы применение фосфорных удобрений не оказывало существенного влияния. Полученные результаты подтверждают целесообразность использования легкорастворимых форм фосфорных удобрений при выращивании подсолнечника и обосновывают необходимость дальнейших исследований по оптимизации сроков и способов их применения.

Вклад авторов:

В. С. Цховребов: разработка концепции, курирование данных, проведение исследования, разработка методологии, административное руководство исследовательским проектом, научное руководство, визуализация, написание черновика рукописи.

А. М. Вовк: формальный анализ, предоставление ресурсов, валидация результатов, написание рукописи – рецензирование и редактирование.

Contributions:

V. S. Tskhovrebov: conceptualization, data curation, investigation, methodology, project administration, supervision, visualization, writing-original draft.

M. Vovk: formal analysis, resources, software, validation, writing-review & editing.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ/REFERENCES

1. Ren W., Li X., Liu T. et al. Evaluating nitrogen dynamic and utilization under controlled-release fertilizer application for sunflowers in an arid region: Experimental and modeling approach. *Journal of Environmental Management*. 2024;10(370):122456. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.122456>
2. Tang Z., Tai S., Li B. et al. Critical review of sunflower harvesting header technology: Loss reduction, adaptability, and intelligent mechanization. *Smart Agricultural Technology*. 2025;22(12):101237. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2025.101237>
3. Ghafoor I., Habib-Ur-Rahman M., Ali M. et al. Slow-release nitrogen fertilizers enhance growth, yield, NUE in wheat crop and reduce nitrogen losses under an arid environment.

Environmental Science and Pollution Research. 2021;28(32):43528-43543. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-13700-4>

4. Afonkina S.R., Yakhina M.R., Usmanova E.N. et al. Increased human body contamination with cadmium following inclusion of sunflower seeds in diet. *Ekologiya Cheloveka (Human Ecology)*. 2025;31(12):921-930. <https://doi.org/10.17816/humeco643208>
5. Lukomets V.M., Trunova M.V., Demurin Y.N. Modern trends in breeding and genetic improvement of sunflower varieties and hybrids at VNIIMK. *Vavilovskii Zhurnal Genet Seleksii*. 2021;25(4):388-393. <https://doi.org/10.18699/VJ21.042>
6. Дзанагов С.Х. Агрохимия: учебник для вузов. – 2-е изд., стер. Санкт-Петербург : Лань; 2024.376. Dzanagov S.Kh. *Agrochemistry*. textbook for universities. – 2nd ed., Stereotype. St. Petersburg : Lan; 2024.376. (In Russ.).
7. Joseph B., Babu S. Effect of organic and chemical fertilizer on the diversity of rhizosphere and leaf microbial composition in sunflower plant. *Current Microbiology*. 2024;81(10):331. <https://doi.org/10.1007/s00284-024-03856-w>
8. Riedo J., Wettstein F.E., Rösch A. et al. Widespread occurrence of pesticides in organically managed agricultural soils – the ghost of a conventional agricultural past. *Environmental Science & Technology*. 2021;55(5):2919-2928. <https://doi.org/10.1021/acs.est.0c06405>
9. Kominko H., Gorazda K., Wzorek Z. Formulation and evaluation of organo-mineral fertilizers based on sewage sludge optimized for maize and sunflower crops. *Waste Management*. 2021;136:57-66. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.09.040>
10. Лошаков А.В. Состояние и использование земельного фонда Ставропольского края. Экономика и экология территориальных образований. 2018;2:114-123. <https://doi.org/10.23947/2413-1474-2-2-114-123>
Loshakov A.V. Condition and use of the land fund of Stavropol region. *Economy and ecology of territorial entities*. 2018;2:114-123. (In Russ.). <https://doi.org/10.23947/2413-1474-2-2-114-123>
11. Hernandez-Mora A., Duboc O., Lombi E. et al. Fertilization efficiency of thirty marketed and experimental recycled phosphorus fertilizers. *Journal of Cleaner Production*. 2024;467:142957. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.142957>
12. Тишков Н.М., Ерёмин Г.И. Эффективность применения жидких комплексных удобрений под подсолнечник на чернозёмах Краснодарского края. *Масличные культуры*. 2020;2(182):51-61. <https://doi.org/10.25230/2412-608X-2020-2-182-51-61>
Tishkov N.M., Eremin G.I. Efficiency of application of liquid complex fertilizers under sunflower on black soil of the Krasnodar region. *Oilseed crops*. 2020;2(182):51-61. (In Russ.). <https://doi.org/10.25230/2412-608X-2020-2-182-51-61>
13. Цховребов В.С., Есаулко А.Н., Новиков А.А. Современные проблемы плодородия почв Ставрополья. *Агрохимический вестник*. 2017;4:3-8.
Tskhovrebov V.S., Esaulko A.N., Novikov A.A. Modern problems of soil fertility in Stavropol region. *Agrochemical Bulletin*. 2017;4:3-8. (In Russ.).
14. Пигорев И.Я., Петрова С.Н., Трутаева Н.Н. и др. Эффективность локального применения жидких комплексных удобрений в агроценозах подсолнечника. *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*. 2021;9:45-51.
Pigorev I.Ya., Petrova S.N., Trutaeva N.N. et al. The effectiveness of local application of liquid complex fertilizers in sunflower crops. *Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*. 2021;9:45-51. (In Russ.).
15. Дзанагов С.Х., Ваниев А.Г., Козырев А.Х. и др. Влияние систем удобрения на урожайность кукурузы на черноземе выщелоченном. *Известия Горского государственного аграрного университета*. 2025;62(1):14-22. https://doi.org/10.54258/20701047_2025_62_1_14
Dzanagov S.Kh., Vaniev A.G., Kozyrev A.Kh. et al. Influence of fertilizer systems on corn yield on leached Chernozem. *Bulletin of the Gorski State Agrarian University*. 2025;62(1):14-22. (In Russ.). https://doi.org/10.54258/20701047_2025_62_1_14

16. Timofeeva A., Galyamova M., Sedykh S. Prospects for using phosphate-solubilizing microorganisms as natural fertilizers in agriculture. *Plants*. 2022;11(16):2119. <https://doi.org/10.3390/plants11162119>
17. Подколзин О.А., Слюсарев В.Н., Осипов А.В. и др. Особенности функционирования почвенного поглощающего комплекса чернозема выщелоченного Прикубанской низменности при многолетнем его использовании в зернотравяно-пропашном севообороте. *Земледелие*. 2025;2:23-27.
Podkolzin O.A., Slyusarev V.N., Osipov A.V. et al. Features of the functioning of the soil absorption complex of leached chernozem of the Kuban Lowland during its long-term use in grain-grass-row crop rotation. *Agriculture*. 2025;2:23-27. (In Russ.).
18. Helfenstein J., Ringeval B., Tamburini F. et al. Understanding soil phosphorus cycling for sustainable development: A review. *One Earth*. 2024;7(10):1727-1740. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2024.07.020>
19. Подколзин О.А., Соколова И.В., Осипов А.В. и др. Мониторинг плодородия почв земель Краснодарского края. *Труды Кубанского государственного аграрного университета*. 2017;68:117-124.
Podkolzin O.A., Sokolova I.V., Osipov A.V. et al. Soil fertility monitoring in Krasnodar Territory. *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*. 2017;68:117-124. (In Russ.).
20. Фаизова В.И., Цховребов В.С., Никифорова А.М. и др. Изменение физико-химических показателей черноземов Центрального Предкавказья при сельскохозяйственном использовании. *Агрехимический вестник*. 2017;4:17-19.↑
Faizova V.I., Tskhovrebov V.S., Nikiforova A.M. et al. Changes physico-chemical indices of chernozems of the Central Ciscaucasia in agricultural use. *Agrochemical Bulletin*. 2017;4:17-19. (In Russ.).
21. Лукин С.В., Турусов В.И., Куницин Д.А. Мониторинг содержания цинка в агроэкосистемах Центрального Черноземья России. *Доклады Российской академии наук. Науки о Земле*. 2025;525(1).
Lukin S., Turusov V.I., Kunitsin D.A. Monitoring of zinc content in agroecosystems the Central Chernozem region of Russia. *Doklady Earth Sciences*. 2025;525(1). (In Russ.).
22. Слюсарев В.Н., Подколзин О.А., Кильдюшкин В.М. и др. Влияние технологий возделывания полевых культур на агрохимические и физико-химические свойства чернозема выщелоченного в условиях Западного Предкавказья. *Земледелие*. 2024;5:9-13.
Slyusarev V.N., Podkolzin O.A., Kildyushkin V.M. et al. The influence of field crop cultivation technologies on the agrochemical and physicochemical properties of leached chernozem under the conditions of Western Ciscaucasia. *Agriculture*. 2024;5:9-13. (In Russ.).
23. Сычев А.А. Агрехимическая эффективность комплексных удобрений в современных условиях. *Вестник РАСХН*. 2023;1:45-51.
Sychev A.A. Agrochemical efficiency of complex fertilizers in modern conditions. *Bulletin of the Russian Academy of Agricultural Sciences*. 2023;1:45-51. (In Russ.).
24. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. *Земледелие*. 2006;5:12.
Dospekhov B.A. Methodology of field experience. *Agriculture*. 2006;5:12. (In Russ.).
25. Shams S., Mahmood S., Ishaque W. Slow mineral nitrogen release from Boron Coated Urea improves productivity of sunflower grown in Alkaline soil. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. 2025;25:7265-7280. <https://doi.org/10.1007/s42729-025-02593-8>
26. Tastanbekova G. Comparative agrochemical assessment of cultivated soils in East Kazakhstan: Implications for site-specific fertility management. *Eurasian Journal of Soil Science*. 2025;14(4):336-344. <https://doi.org/10.18393/ejss.1750269>

Сведения об авторах

Цховребов Валерий Сергеевич –
доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
заведующий кафедрой почвоведения,
Ставропольский государственный
аграрный университет, Ставрополь, Россия
<https://orcid.org/0000-0002-4809-3264>
SPIN-код: [5327-5803](#)
tshovrebov@mail.ru

Вовк Андрей Михайлович –
аспирант, Ставропольский государственный
аграрный университет, Ставрополь, Россия
vovk08@yandex.ru

About the authors

Valery S. Tskhovrebov –
Dr. Sci. (Agric), Prof., Stavropol State Agrarian University,
Stavropol, Russia
<https://orcid.org/0000-0002-4809-3264>
tshovrebov@mail.ru

Andrey M. Vovk –
postgraduate student, Stavropol State Agrarian
University, Stavropol, Russia
vovk08@yandex.ru

<https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-4-57-68>

Совершенствование системы защиты яровой пшеницы с учетом мониторинга динамики листостебельных микозов и применения биопрепаратов в Республике Татарстан, Россия

КОРРЕСПОНДЕНЦИЯ:

Радик Ильясович Сафин
E-mail: radiksaf2@mail.ru

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Абрамова А.А., Вафин И.Х.,
Медведев Н.А., Сафин Р.И.
Совершенствование системы
защиты яровой пшеницы
с учетом мониторинга динамики
листостебельных микозов
и применения биопрепаратов
в Республике Татарстан, Россия.
*Аграрный вестник Северного
Кавказа.* 2025;15(4):57-68.

<https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-4-57-68> EDN MONLPZ

ПОСТУПИЛА: 15.09.2025

ДОРАБОТАНА: 24.11.2025

ПРИНЯТА: 04.12.2025

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ:

авторы сообщают об отсутствии
конфликта интересов.

ФИНАНСИРОВАНИЕ:

Работа выполнена в рамках
государственного задания
по теме: «Разработка комплексных
средств защиты растений
от болезней на основе эндофитных
бактерий и органоминеральных
составов для использования
в органическом
и биологизированном
земледелии».

COPYRIGHT: © 2025 Абрамова А.А.,
Вафин И.Х.,
Медведев Н.А.,
Сафин Р.И.



А.А. Абрамова, И.Х. Вафин Н.А. Медведев, Р.И. Сафин

Казанский государственный аграрный университет,
Казань, Россия

АННОТАЦИЯ

ВВЕДЕНИЕ. В условиях нарастания фунгицидной резистентности и климатических изменений разработка биологических методов защиты яровой пшеницы от листостебельных микозов становится особенно актуальной для аграрных регионов России. Хотя химические фунгициды доминируют в современных системах защиты, их эффективность снижается из-за развития резистентности у патогенов. При этом остаются недостаточно изученными региональные особенности формирования патогенного комплекса и эффективность комбинированных биопрепаратов на основе эндофитных бактерий с органическими кислотами для конкретных агроклиматических зон.

ЦЕЛЬ. Исследовать многолетнюю динамику развития листостебельных микозов яровой пшеницы и оценить биологическую эффективность биопрепаратов на основе штаммов *Bacillus mojavensis* PS17 и *Bacillus amyloliquefaciens* KS-25 AU в комбинации с органическими кислотами в условиях Предкамья Республики Татарстан.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Для оценки динамики микозов использовались данные фитопатологических учетов, проводимых в 2002–2025 гг. На сорте Ульяновская 105 изучалась обработка семян и опрыскивание биопрепаратом на основе *Bacillus mojavensis* PS17 при разных нормах его расхода. На сорте Экада 214 оценивалось применение экспериментальных биопрепаратов на основе *Bacillus amyloliquefaciens* KS-25 AU и различных органических кислот (аскорбиновая и янтарная).

РЕЗУЛЬТАТЫ. Установлено доминирование септориоза листьев в патогенном комплексе с превышением экономического порога вредоносности в период наблюдения. Наибольшая эффективность в контроле болезней достигнута при применении *Bacillus mojavensis* PS17 по схеме 1,0 л/т + 1,0 л/га: снижение развития септориоза на 68,6 и прибавка урожая 9,2 %. Композиции на основе *Bacillus amyloliquefaciens* KS-25 AU с органическими кислотами при двукратном применении обеспечили снижение развития болезней на 32–77 и увеличение урожайности на 11,9–13,3 %.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Доказана высокая эффективность биопрепаратов на основе изученных штаммов эндофитных бактерий в сочетании с органическими кислотами для условий Предкамья Республики Татарстан. Результаты работы позволяют рекомендовать данные разработки для практического использования в региональных системах защиты яровой пшеницы как экологически безопасную альтернативу химическим фунгицидам.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: яровая пшеница, листостебельные микозы, биопрепараты, эндофитные бактерии, септориоз, органические кислоты, Республика Татарстан

<https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-4-57-68>

Improving the spring wheat protection system through monitoring the dynamics of leaf and stem mycoses and application of biological preparations in the Republic of Tatarstan, Russia

CORRESPONDENCE:

Radik I. Safin

E-mail: radiksaf2@mail.ru

FOR CITATION:

Abramova A.A., Vafin I.Kh., Medvedev N.A., Safin R.I.

Improving the spring wheat protection system through monitoring the dynamics of leaf and stem mycoses and application of biological preparations in the Republic of Tatarstan, Russia. *Agrarian Bulletin of the North Caucasus*. 2025;15(4):57-68. <https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-4-57-68> EDN MONLPZ

RECEIVED: 15.09.2025

REVISED: 24.11.2025

ACCEPTED: 04.12.2025

DECLARATION OF COMPETING INTEREST:

none declared.

FUNDING:

The work was carried out within the framework of a state assignment on the topic: "Development of complex plant protection products against diseases based on endophytic bacteria and organomineral compositions for use in organic and biologized farming".

COPYRIGHT: © 2025 Abramova A.A., Vafin I.Kh., Medvedev N.A., Safin R.I.



Arina A. Abramova, Ilshat Kh. Vafin , Nikita A. Medvedev, Radik I. Safin

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia

ABSTRACT

INTRODUCTION. In the context of increasing fungicide resistance and climate change, the development of biological methods for protecting spring wheat against leaf and stem mycoses is becoming particularly relevant for agricultural regions of Russia. Although chemical fungicides dominate current protection systems, their efficacy is declining due to the development of pathogen resistance. Furthermore, regional specifics of pathogenic complex formation and the effectiveness of combined bio-preparations based on endophytic bacteria with organic acids for specific agroclimatic zones remain insufficiently studied.

AIM. To investigate the long-term dynamics of leaf and stem mycoses development in spring wheat and to evaluate the biological efficacy of bio-preparations based on strains *Bacillus mojavensis* PS17 and *Bacillus amyloliquefaciens* KS-25 AU in combination with organic acids in the conditions of the Predkamye region of the Republic of Tatarstan.

MATERIALS AND METHODS. Phytopathological survey data from 2002–2025 were used to assess mycoses dynamics. On the Ulyanovskaya 105 cultivar, seed treatment and spraying with a bio-preparation based on *Bacillus mojavensis* PS17 at different application rates were studied. On the Ekada 214 cultivar, the application of experimental bio-preparations based on *Bacillus amyloliquefaciens* KS-25 AU and various organic acids (ascorbic and succinic) was evaluated.

RESULTS. Leaf septoria was identified as the dominant disease in the pathogenic complex, exceeding the economic damage threshold during the observation period. The highest efficacy in disease control was achieved using *Bacillus mojavensis* PS17 according to the scheme 1.0 L/t (seed treatment) + 1.0 L/ha (spraying): reduction of septoria development by 68.6 and a yield increase of 9.2%. Compositions based on *Bacillus amyloliquefaciens* KS-25 AU with organic acids, when applied twice, ensured a reduction in disease development by 32–77 and an increase in yield by 11.9–13.3%.

CONCLUSION. The work demonstrates high efficacy of bio-preparations based on the studied strains of endophytic bacteria in combination with organic acids for the conditions of the Predkamye region of the Republic of Tatarstan. The results allow recommending these developments for practical use in regional spring wheat protection systems as an environmentally safe alternative to chemical fungicides.

KEYWORDS: Spring wheat, leaf and stem mycoses, biological preparations, endophytic bacteria, septoria, organic acids, Tatarstan Republic

ВВЕДЕНИЕ

Производство зерна пшеницы имеет глобальное значение для продовольственной безопасности, обеспечивая почти 20 % мировой потребности человечества в растительных белках и энергии [1; 2]. Однако повсеместно генетический потенциал современных сортов реализуется не в полной мере из-за значительных потерь урожая, наносимых вредными организмами, которые могут достигать 10–50 % [3; 4]. Значительная доля этих потерь связана с инфекционными болезнями. Мировой ущерб только от комплекса пяти наиболее распространенных заболеваний пшеницы оценивается в 24,3–62,0 млн т зерна ежегодно, что эквивалентно 4,2–10,8 млрд долларов США [6]. К числу наиболее опасных относятся листостебельные микозы, ущерб от которых в благоприятных условиях может превышать половину урожая [7].

В Российской Федерации проблема болезней пшеницы также стоит крайне остро. По данным за 2000–2016 гг., в стране было зарегистрировано более 10 эпифитотий, каждая из которых приводила к потерям свыше 20 % урожая [5]. Среди доминирующих заболеваний, распространенных в основных регионах возделывания яровой пшеницы, – септориоз листьев (*Zymoseptoria tritici*), бурая листовая ржавчина (*Puccinia triticina*), настоящая мучнистая роса (*Blumeria graminis*) и темно-бурая пятнистость (*Bipolaris sorokiniana*) [8; 9].

Для агроэкологических условий Республики Татарстан, являющейся одним из значимых зернопроизводящих регионов России, характерны свои особенности формирования патогенного комплекса. Наблюдаемые климатические изменения, такие как рост температур и увеличение количества осадков в отдельные периоды вегетации, создают благоприятные условия для развития листостебельных микозов, что требует постоянного мониторинга и разработки адаптированных систем защиты. Несмотря на общую изученность листостебельных микозов, недостаточно исследованной остается многолетняя динамика структуры патогенного комплекса на яровой пшенице в условиях Предкамья Татарстана и эффективность современных биологических средств контроля, учитывающих региональную специфику.

Традиционно в современных системах защиты яровой пшеницы, особенно в условиях развития

эпифитотий, для контроля болезней широко применяются различные системные фунгициды, относящиеся к разным химическим группам [10–12]. Вместе с тем применение фунгицидов сталкивается со значительными вызовами, важнейшими из которых стали: развитие резистентности к ним у фитопатогенов [13; 14]; негативное влияние остатков препаратов на микробиом и биологическую активность почвы [15]; значительный рост стоимости и затрат на их применение [16; 17]. В связи с этим возникает необходимость в поиске возможных альтернатив использованию фунгицидов, в том числе на основе различных биопрепаратов [18].

В качестве биологических агентов новых биофунгицидов могут выступать как различные микроорганизмы, так и ряд природных соединений, в том числе и органические кислоты. Среди групп микроорганизмов, перспективных для разработки новых биофунгицидов, все большее внимание привлекают эндофитные бактерии, в том числе заселяющие семена [19; 20]. Одним из механизмов положительного действия таких бактерий на снижение поражения сельскохозяйственных культур фитопатогенами выступает их активная роль в повышении устойчивости растений [21; 22]. Другим возможным решением в контроле инфекционных болезней могут стать природные органические кислоты (аскорбиновая, салициловая, янтарная и др.), которые также оказывают выраженное иммунизирующее действие на растительные организмы [23]. Имеются сведения о высокой активности смесей различных бактерий и органических кислот как в повышении урожайности, так и в снижении развития болезней [24]. Однако эффективность применения биопрепаратов на основе эндофитных бактерий, а также их смесей с органическими кислотами для защиты яровой пшеницы от листостебельных микозов в Республике Татарстан и в зоне Среднего Поволжья Российской Федерации остается малоизученной.

Цель исследования заключалась в изучении многолетней динамики развития листостебельных микозов яровой пшеницы в условиях Республики Татарстан и оценке эффективности комбинированных биологических методов контроля на основе эндофитных бактерий *Bacillus mojavensis* PS17 и *Bacillus amyloliquefaciens* KS-25 AU и органических кислот для защиты растений и повышения урожайности культуры.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалы

Для анализа многолетней динамики развития листостебельных микозов использовались данные, полученные в ходе фитопатологических наблюдений на посевах яровой мягкой, проведенные на опытных полях Казанского государственного аграрного университета за период 2002–2025 гг. В качестве объекта исследований по оценке влияния биопрепарата на основе эндофитной бактерии *Bacillus mojavensis* PS17 выступал сорт яровой мягкой пшеницы сорта Ульяновская 105. Сорт Ульяновская 105 относится к среднеспелой группе. Бурой ржавчиной и мучнистой росой в полевых условиях поражался средне. Штамм *Bacillus mojavensis* PS17 входит в состав биологического препарата Системика М.

В 2025 году полевые исследования проводились на яровой пшенице сорта Экада 214. Сорт относится к среднеспелой группе. Умеренно восприимчив к бурой ржавчине. В полевых условиях мучнистой росой поражался слабо, септориозом – сильно. При этом в качестве объектов исследований выступали биопрепараты на основе смеси культуры эндофитных бактерий (*Bacillus amyloliquefaciens* KS-25 AU) и органических кислот (аскорбиновая, янтарная).

Методы

Учеты болезней проводились по соответствующим методикам (бурой листовой ржавчины – по шкале Петерсона; септориоза листьев – по шкале Джеймса; настоящей мучнистой росы – по шкале Гешеле). Наблюдения проводились на вариантах, где не использовались фунгициды.

Для более точной оценки влияния обработок на развитие болезней использовались показатели площади под кривой развития болезни (ПКРБ), рассчитываемой по формуле G. Shaner и R. E. Finney (1977).

Климатические условия

В 2020–2022 годах один вегетационный период (2021 г.) отличался недостатком увлажнения, тогда как в два года условия были сравнительно благоприятными для формирования урожая яровой пшеницы. Агроклиматические условия вегетации 2025 года были благоприятными для развития листостебельных микозов яровой пшеницы, так как периодически отмечались периоды с большим количеством осадков и умеренными температурами.

Процедура исследования

Полевые опыты по оценке влияния применения биопрепарата на основе эндофитной бактерии *Bacillus mojavensis* PS17 проводились в 2020–2022 гг. Схема опыта включала в себя варианты: 1. Контроль (без обработки). 2. Обработка семян (0,5 л/т) + обработка в период вегетации (0,5 л/га) (схема 1); 3. Обработка семян (1,0 л/т) + обработка в период вегетации (1,0 л/га) (схема 2); 4. Обработка семян (1,5 л/т) + обработка в период вегетации (1,5 л/га) (схема 3). При обработке семян расход рабочей жидкости был равен 10 л/т, при опрыскивании (в фазу колошения) – 200 л/га.

В 2025 году проводились исследования на яровой пшенице сорта Экада 214 по оценке эффективности использования смеси культуры эндофитных бактерий и органических кислот (аскорбиновая, янтарная). Схема опыта: 1. Контроль. 2. *Bacillus amyloliquefaciens* KS-25 AU + аскорбиновая кислота, 1 л/га (одна обработка – фаза выхода в трубку); 3. *Bacillus amyloliquefaciens* KS-25 AU + янтарная кислота, 1 л/га (одна обработка – фаза выхода в трубку); 4. *Bacillus amyloliquefaciens* KS-25 AU + аскорбиновая кислота, 1 л/га (две обработки – фаза выхода в трубку и колошение); 5. *Bacillus amyloliquefaciens* KS-25 AU + янтарная кислота, 1 л/га (две обработки – фаза выхода в трубку и колошение). Расход рабочей жидкости составил 200 л/га.

В опытах общая площадь делянки была 25 м², учетная – 20 м², в четырехкратной повторности. Полевые опыты закладывались на серой лесной, среднесуглинистой, хорошо окультуренной почве с применением рекомендованной для зоны агротехнологии возделывания яровой мягкой пшеницы.

Анализ данных

Обработка данных проводилась с использованием однофакторного дисперсионного анализа по общепринятым методикам.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Фитопатологический мониторинг посевов яровой пшеницы, проводимый на опытных полях Казанского ГАУ, показал, что ежегодно на листьях культуры развивались такие болезни, как бурая листовая ржавчина (*Puccinia triticina* Erikss.), септориоз листьев (*Zymoseptoria tritici* (Desm.) Quaedvlieg & Crous), настоящая мучнистая роса (*Blumeria graminis* (DC.) Speer), темно-бурая пятнистость (*Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoemaker), очень редко отмечалось поражение желтой пятнистостью листьев (пиренофороз) (*Pyrenophora tritici-repentis* (Died.) Drechsler). Данные по оценке многолетней динамики развития листовых болезней яровой пшеницы приведены в таблице 1.

Полученные результаты показали, что в рассматриваемый период среди всех изучаемых болезней наиболее интенсивно листовая поверхность поражалась септориозом листьев (некротрофный патоген), причем из 24 лет наблюдений в 13 годах развитие болезни в фазу колошения превышало уровень 20 %. Для биотрофных патогенов (бурая листовая ржавчина, настоящая мучнистая роса) средние показатели были примерно на одном уровне, частота вспышек заболевания (развитие болезни выше 20 %) была значительно ниже, чем для септориоза. Для темно-буровой пятнистости отмечается постепенный тренд на рост поражения растений яровой пшеницы, но превышение раз-

вития болезни более 20 % не отмечалось. В годы исследований отмечалась высокая вариабельность развития болезней по годам (коэффициент вариации), особенно для настоящей мучнистой росы. Полученные результаты позволяют сделать вывод о доминировании среди листовых микозов септориоза колоса, что может быть связано с изменениями климата, отмечаемыми на территории Республики Татарстан (рост температуры воздуха в период вегетации).

Данные по определению показателей развития болезней при использовании различных вариантов обработок биопрепаратом с эндофитными бактериями приведены в таблице 2.

В контроле среди обнаруженных заболеваний за вегетацию преобладал септориоз листьев, а в меньшей степени отмечалось поражение листьев настоящей мучнистой росой. Применение схем с обработкой семян и опрыскиванием биопрепаратом на основе *Bacillus mojavensis* PS17 способствовало значительному снижению развития всех изучаемых микозов яровой пшеницы, причем наибольшие показатели биологической эффективности для всех схем обработки были в отношении септориоза. Среди изучаемых вариантов наиболее эффективной в контроле микозов оказалась схема 3.

Результаты по урожайности яровой пшеницы приведены в таблице 3.

Таблица 1

Оценка поражения (развития болезни) листовой поверхности яровой пшеницы листостебельными микозами в фазу колошения, 2002–2025 гг., %

Table 1

Assessment of damage (disease development) of the leaf surface in spring wheat by leaf-stem mycoses in the heading phase, 2002–2025, %

Период	Бурая листовая ржавчина	Мучнистая роса	Септориоз листьев	Темно-бурая пятнистость
Среднее значение, %	11,2	11,9	22,7	6,9
Коэффициент вариации, %	56,9	73,6	47,9	40,2
ЭПВ*	5–10	5–10	10–20	10–20
Количество лет с превышением поражения листьев более 10 %	13	12	21	7
Количество лет с превышением поражения листьев более 20 %	3	4	13	0

*Примечание: ЭПВ – экономический порог вредоносности в фазу колошения

* Note: ETL – economic threshold of harmfulness at the heading phase

Таблица 2

Показатели развития болезней (ПКРБ) и биологическая эффективность контроля листовых микозов при использовании биопрепарата на основе *Bacillus mojavensis* PS17, 2020–2022 гг.

Table 2

Disease development indicators and biological effectiveness of foliar mycosis control using a biological product based on *Bacillus mojavensis* PS17, 2020–2022

Вариант	Показатели ПКРБ, усл. ед.			Биологическая эффективность, %		
	Бурая листовая ржавчина	Настоящая мучнистая роса	Септориоз листьев	Бурая листовая ржавчина	Настоящая мучнистая роса	Септориоз листьев
Контроль	880,8	715,4	1480,3	-	-	-
Схема 1 (0,5 л/т + 0,5 л/га)	577,3	470,9	770,8	34,5	34,2	47,9
Схема 2 (1,0 л/т + 1,0 л/га)	521,1	377,5	464,7	40,8	47,2	68,6
Схема 3 (1,5 л/т + 1,5 л/га)	216,8	254,6	334,5	75,4	64,4	77,4
HCP ₀₅	25,3	22,0	36,2	-	-	-

Таблица 3

Урожайность яровой пшеницы сорта Ульяновская 105 при использовании схем обработки с биопрепаратором на основе *Bacillus mojavensis* PS17, т/га, 2020–2022 гг.

Table 3

Yield of Ulyanovskaya 105 spring wheat cultivar when using treatment schemes with a biopreparation based on *Bacillus mojavensis* PS17, t/ha, 2020–2022

Вариант	2020 г.	2021 г.	2022 г.	В среднем за 3 года	Прибавка к контролю, %
Контроль	3,91	2,40	3,37	3,23	-
Схема 1 (0,5 л/т + 0,5 л/га)	3,75	2,59	3,61	3,32	2,7
Схема 2 (1,0 л/т + 1,0 л/га)	4,27	2,65	3,66	3,53	9,2
Схема 3 (1,5 л/т + 1,5 л/га)	3,95	2,69	3,58	3,41	5,5
HCP ₀₅	0,18	0,11	0,16	-	-

В благоприятных по увлажнению условиях 2020 года, сформировалась максимальная урожайность яровой пшеницы, но достоверная отдача от применения биопрепарата на основе *Bacillus mojavensis* PS17 была достигнута только при использовании схемы 2. В засушливом 2021 году и в относительно благоприятном 2022 году все варианты обработки обеспечили достоверный рост урожайности. В среднем за годы исследований оптимальной схемой обработки была схема 2 (обработка семян с нормой 1,0 л/га и опрыскивание с нормой 1,0 л/га), использование которой обеспечило рост урожайности на 0,31 т/га. или на 9,2 % к контролю.

Использование препаратов на основе эндофитных бактерий и органических кислот оказалось влияние на развитие листовых болезней (таблица 4).

В 2025 году среди листовых микозов преобладал септориоз, тогда как настоящая мучнистая роса имела слабое распространение. Однократная обработка опытными препаратами оказала слабое влияние на снижение развития болезни (величина биологической эффективности против бурых листовых ржавчины – 6–10, против септориоза листьев – 2–6 %). В то же время двукратная обработка способствовала снижению поражения растений септориозом на 32–36, ржавчиной – на 36–37 %. Некоторое преимущество по контролю обоих листовых микозов имел вариант, где применяли препарат на основе смеси *Bacillus amyloliquefaciens* KS-25 AU с янтарной кислотой.

Результаты оценки урожайности (таблица 5) показали, что использование однократной обработки препаратом с аскорбиновой кислотой не оказalo существенного влияния на рост урожайности, тогда как препарат с янтарной кислотой обеспечил рост урожайности уже при использовании одной обработки. В то же время двукратная обработка обоими изучаемыми препаратами обеспечила рост урожайности яровой пшеницы сорта Экада 214, но достоверных различий между вариантами по урожайности не отмечалось.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В результате проведенных исследований было установлено, что в условиях Предкамской зоны Республики Татарстан в период 2002–2025 годов отмечается устойчивая тенденция увеличения развития и вредоносности септориоза листьев, вызываемого патогеном (*Zymoseptoria tritici*), относящимся к некротрофным патогенам. Для данного микоза частота лет с превышением значений развития болезни в фазу колошения выше 10 % составила 88 %,

Таблица 4

Развитие листовых микозов яровой пшеницы в фазу конец колошения – начало цветения при использовании экспериментальных препаратов, %, 2025 г.

Table 4

Development of foliar mycoses of spring wheat in the end-heading-beginning-flowering phase using experimental preparations in 2025, %

Вариант	Бурая листовая ржавчина	Настоящая мучнистая роса	Септориоз листьев
Контроль	10,2	1,8	22,2
Однократная обработка			
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> KS-25 AU + аскорбиновая кислота	9,6	0	21,8
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> KS-25 AU + янтарная кислота	9,2	0	20,8
Двукратная обработка			
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> KS-25 AU + аскорбиновая кислота	6,5	0	15,2
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> KS-25 AU + янтарная кислота	6,4	0	14,3

Таблица 5

Урожайность яровой пшеницы сорта Экада 214 при использовании экспериментальных препаратов, т/га, 2025 г.

Table 5

Yield of Ekada 214 spring wheat cultivar using experimental preparations in 2025, t/ha

Вариант	Урожайность, т/га	Прибавка к контролю, т/га	Прибавка к контролю, %
Контроль	4,13	-	-
Однократная обработка			
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> KS-25 AU + аскорбиновая кислота	4,23	0,10	2,4
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> KS-25 AU + янтарная кислота	4,53	0,40	9,7
Двукратная обработка			
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> KS-25 AU + аскорбиновая кислота	4,62	0,49	11,9
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> KS-25 AU + янтарная кислота	4,68	0,55	13,3
HCP ₀₅	0,14	-	-

а выше 20 % – 54,2 %. Аналогичные значения для буровой листовой ржавчины (биотрофный патоген) составили соответственно 54,1 и 12,5 %. Полученные данные имеют существенное значение с точки зрения оптимизации защитных мероприятий и разработки стратегии контроля листо-стеблевых болезней. Одной из возможных причин такого сдвига в сторону развития микозов, вызывающих пятнистости листьев (некротрофных и гемибиотрофных патогенов), могут быть климатические изменения в зоне проведения опытов (Республика Татарстан), в частности, проявляющиеся в тенденции роста суммы эффективных температур и засушливости климата [25], что способствует лучшему развитию данного заболевания. Аналогичные результаты были получены и в исследованиях, проведенных в 1996–2021 гг. в Северной Европе, где также отмечается рост поражения пшеницы септориозом листьев, что также связывается с ростом температуры в период вегетации культуры [26]. Полученные результаты могут стать еще одним подтверждением влияния климатических изменений на динамику болезней растений [27–29].

Результаты исследований по использованию комплексных схем (обработка семян и опрыскивание растений) с использованием биопрепарата на основе эндофитной бактерии *Bacillus mojavensis* PS17 показали перспективность данного направления в контроле микозов пшеницы, поражающих листовую поверхность. Достаточно высокий уровень (47,9–77,4 %) показателя биологической эффективности контроля септориоза листьев яровой пшеницы позволяет использовать данный прием в системах контроля данного заболевания и подтверждает значение эндофитных бактерий как агентов биоконтроля микозов [21; 30; 31]. Дополнительное включение в биопрепараты с эндофитными бакте-

риями янтарной кислоты способствует повышению урожайности яровой пшеницы при некотором снижении развития болезни, что также позволяет создавать новые композиции биологических средств защиты растений и соответствует данным, полученным в ряде исследований [23; 32].

Можно утверждать, что полученные результаты могут стать основой для разработки адаптированных к региональным особенностям систем контроля листостебельных микозов яровой пшеницы, что позволит значительно снизить потребность в фунгицидах и повысить экологическую безопасность производства зерна.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Многолетние наблюдения (2002–2025 гг.) выявили изменения в структуре патогенного комплекса листостебельных микозов яровой мягкой пшеницы, которые характеризуются увеличением развития септориоза листьев. Причем в большинстве лет у данного заболевания значения показателя были выше значений ЭПВ, что должно учитываться в существующих региональных системах защиты культуры.

Установлена высокая эффективность биопрепаратов на основе штаммов *Bacillus mojavensis* PS17 и *Bacillus amyloliquefaciens* KS-25 AU в сочетании с органическими кислотами, обеспечивающими снижение развития болезней на 32–77 % и прибавку урожая до 13,3 %. Полученные результаты имеют практическую значимость для разработки региональных систем защиты растений, однако требуют дополнительных исследований по изучению механизмов взаимодействия биопрепаратов с патогенным комплексом в различных почвенно-климатических условиях и оценки их долгосрочного воздействия на агроценозы.

Вклад авторов

А. А. Абрамова: формальный анализ, проведение исследования.

И. Х. Вафин: формальный анализ, проведение исследования, создание черновика рукописи.

Н. А. Медведев: формальный анализ, проведение исследования.

Р. И. Сафин: разработка методологии, научное руководство, написание рукописи и ее редактирование.

Contributions

A. A. Abramova: formal analysis, study implementation.

I. Kh. Vafin: formal analysis, study implementation, manuscript drafting.

N. A. Medvedev: formal analysis, study implementation.

R. I. Safin: methodology development, scientific supervision, manuscript drafting and editing.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ/REFERENCES

1. Овсянников Ю.А. К 50-летию доклада Римскому клубу «Пределы роста». Потенциал России в решении мировой продовольственной проблемы. *Аграрный вестник Урала*. 2022;6(221):88-98. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2022-221-06-88-98>
Ovsvannikov Yu.A. On the 50th anniversary of the report to the Club of Rome «Limits to Growth». Russia's potential in solving the world food problem. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2022;6(221):88-98. (In Russ.). <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2022-221-06-88-98>
2. Sharma K., Sharma P. Wheat as a nutritional powerhouse: shaping global food security/ Publisher: IntechOpen. 2025. <https://doi.org/10.5772/intechopen.1009499>
3. Savary S., Willocquet L., Pethybridge S. J. et al. The global burden of pathogens and pests on major food crops. *Nature Ecology & Evolution*. 2019;3(3):430. <https://doi.org/10.1038/s41559-018-0793-y>
4. Тареев А.И., Березнов А.В., Смирнов В.В. и др. Мировой рынок химических средств защиты растений: потенциальные потери урожая, тренды и перспективы производства пестицидов для экономики России. *Техника и технология пищевых производств*. 2024;2(54):310-329. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2024-2-2508> EDN HKNCPP
Tareev A.I., Bereznov A.V., Smirnov V.V. et al. World market of chemical plant protection products: potential yield losses, trends and prospects of pesticide production for the Russian economy. *Food Production Engineering and Technology*. 2024;2(54):310-329. (In Russ.). <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2024-2-2508> EDN HKNCPP
5. Санин С.С. Эпидемии болезней растений: мониторинг, прогноз, контроль. *Защита и карантин растений*. 2018;1:35-36. EDN YNMXJI
Sanin S.S. Plant disease epidemics: monitoring, forecast, control. *Plant protection and quarantine*. 2018;1:35-36. (In Russ.). EDN YNMXJI
6. Chai Y., Senay S., Horvath D., Pardey P. Multi-peril pathogen risks to global wheat production: A probabilistic loss and investment assessment. *Frontiers in Plant Science*. 2022;13:1034600. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1034600>
7. Кекало А.Ю., Немченко В.В., Заргарян Н.Ю., Филиппов А.С. Фитосанитарные проблемы пшеничного поля и эффективность средств защиты от болезней. *Агрохимия*. 2020;10:45-50. <https://doi.org/10.31857/S0002188120100038> EDN VVNAJO
Kekalo A.Yu., Nemchenko V.V., Zargaryan N.Yu., Filippov A.S. Phytosanitary problems of wheat fields and the effectiveness of disease control products. *Agrochemistry*. 2020;10:45-50. (In Russ.). <https://doi.org/10.31857/S0002188120100038> EDN VVNAJO
8. Ганнибал Ф.Б., Гагкаева Т.Ю., Гомжина М.М. и др. Ассоциированные с пшеницей мицромицеты и их значимость как возбудителей болезней в России. *Вестник защиты растений*. 2022;4(105):164-180. <https://doi.org/10.31857/S0002188120100038> EDN KLHPMB
Gannibal F.B., Gagkaeva T.Yu., Gomzhina M.M. et al. Wheat-associated micromycetes and their significance as pathogens In Russia. *Plant Protection Bulletin*. 2022;4(105):164-180. (In Russ.). <https://doi.org/10.31857/S0002188120100038> EDN KLHPMB
9. Вихрова Е.А. Пораженность яровой пшеницы листовыми болезнями. *Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Сельскохозяйственные науки*. 2022;1(2(2)):51-55. <https://doi.org/10.37313/2782-6562-2022-1-2-51-55> EDN JCLSYL
Vikhrova E.A. Incidence of spring wheat with leaf diseases. *Bulletin of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. Agricultural Sciences*. 2022;1(2(2).):51-55. (In Russ.). <https://doi.org/10.37313/2782-6562-2022-1-2-51-55> EDN JCLSYL
10. Петрова Н.Г., Долженко Т.В. Эффективность фунгицидов на основе триазолов на пшенице яровой при разных фонах минерального питания. *Плодородие*. 2021;4(121):14-17. <https://doi.org/10.25680/S19948603.2021.121.04> EDN SUVPOM

- Petrova N.G., Dolzhenko T.V. Efficiency of triazole-based fungicides on spring wheat under different mineral nutrition backgrounds. *Fertility*. 2021;4(121):14-17. (In Russ.). <https://doi.org/10.25680/S19948603.2021.121.04> EDN SUVPOM
11. Lysenko N.N., Prudnikova E.G. Efficiency of fungicide amistar extra application on phytosanitary and physiological measurements of spring wheat. *Биология в сельском хозяйстве*. 2018;4(21):17-19.
12. Доронин В.Г., Ледовский Е.Н. Влияние фунгицидов и их смесей с регулятором роста на урожайность и качество зерна яровой пшеницы. *Агрохимия*. 2021;10:17-21. <https://doi.org/10.31857/S0002188121100057> EDN DXMJOP
13. Зубко Н.Г., Зеленева Ю.В., Конькова Э.А. и др. Особенности возникновения, развития и генетические механизмы проявления резистентности к фунгицидам из химических классов триазолов и стробилуринов у *Zymoseptoria tritici* (обзор). *Микология и фитопатология*. 2024.6(58):423-434. <https://doi.org/10.31857/S0026364824060011> EDN UOIUUD
- Zubko N.G., Zeleneva Yu.V., Konkova E.A. et al. Peculiarities of the emergence, development, and genetic mechanisms of resistance to fungicides from the chemical classes of triazoles and strobilurins in *Zymoseptoria tritici* (review). *Mycology and Phytopathology*. 2024.6(58):423-434. (In Russ.). <https://doi.org/10.31857/S0026364824060011> EDN UOIUUD
14. Гвоздева М.С., Волкова Г.В. Влияние фунгицида Колосаль на структуру популяции возбудителя бурой ржавчины пшеницы по признакам патогенности и чувствительности. *Микология и фитопатология*. 2022.1(56):52-63. <https://doi.org/10.31857/S0026364822010044> EDN ROWMIY
- Gvozdeva M.S., Volkova G.V. Effect of the fungicide Kolosal on the population structure of the causal agent of wheat brown rust based on pathogenicity and sensitivity traits. *Mycology and phytopathology*. 2022.1(56):52-63. <https://doi.org/10.31857/S0026364822010044> (In Russ.). EDN ROWMIY
15. Wang Z., Yun S., An Y. et al. Effect of fungicides on soil respiration, microbial community, and enzyme activity: A global meta-analysis (1975–2024). *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2025;289:117433. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2024.117433>
16. Михайликова В.В., Стребкова Н.С. Анализ рынка пестицидов в Российской Федерации. *Труды Кубанского государственного аграрного университета*. 2021;91:225-227. <https://doi.org/10.21515/1999-1703-91-225-227> EDN IBGNZA
- Mikhailikova V.V., Strebkova N.S. Analysis of the pesticide market in the Russian Federation. *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*. 2021;91:225-227. (In Russ.). <https://doi.org/10.21515/1999-1703-91-225-227> EDN IBGNZA
17. Beckerman J., Palmer C., Tedford E., Ypema H. Fifty years of fungicide development, deployment, and future use. *Phytopathology*. 2023.113(4):694-706. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-10-22-0399-IA>
18. Gai Y., Wang H. Plant Disease: A growing threat to global food security. *Agronomy*. 2024; 14:1615. <https://doi.org/10.3390/agronomy14081615>
19. Swarnalakshmi K., Rajkhowa S., Senthilkumar M. et al. Influence of endophytic bacteria on growth promotion and protection against diseases in associated plants. *Microbial Interventions in Agriculture and Environment*. Springer, Singapore, 2019. https://doi.org/10.1007/978-981-32-9084-6_12
20. Fadiji A.E., Lanrewaju A.A., Omomowo I.O. et al. Harnessing seed endophytic microbiomes: a hidden treasure for enhancing sustainable agriculture. *Plants*. 2025;14(15):2421. <https://doi.org/10.3390/plants14152421>

21. Максимов И.В., Максимова Т.И., Сарварова Е.Р. и др. Эндофитные бактерии как агенты для биопестицидов нового поколения (обзор). *Прикладная биохимия и микробиология*. 2018;54(2):134-148. <https://doi.org/10.7868/S0555109918020034> EDN YTPPOJ
Maksimov I.V., Maksimova T.I., Sarvarova E.R., Blagova D.K. Endophytic bacteria as agents for new generation biopesticides (review). *Applied Biochemistry and Microbiology*. (In Russ.). 2018;54(2):134-148. <https://doi.org/10.7868/S0555109918020034> EDN YTPPOJ
22. Pal G., Kumar K., Verma A. et al. Chapter 4 – Seed-inhabiting endophytes: Their role in plant development and disease protection. *New and Future Developments in Microbial Biotechnology and Bioengineering: Phytomicrobiome for Sustainable Agriculture*. 2021. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-64325-4.00004-3>
23. Morgunov G., Kamzolova S.V., Dedyukhina E.G. et al. Application of organic acids for plant protection against phytopathogens. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2017;101(3):921-932. <https://doi.org/10.1007/s00253-016-8067-6>
24. Lastochkina O., Allagulova C., Fedorova K. et al. Application of endophytic bacillus subtilis and salicylic acid to improve wheat growth and tolerance under combined drought and fusarium root rot stresses. *Agronomy*. 2020;10(9):10091343. <https://doi.org/10.3390/agronomy10091343>
25. Переведенцев Ю.П., Павлова В.Н., Шанталинский К.М. и др. Агроклиматические условия на территории Республики Татарстан в период 1966–2021 гг. *Гидрометеорологические исследования и прогнозы*. 2022;4(386):96-113. <https://doi.org/10.37162/2618-9631-2022-4-96-113>
Perevedentsev Yu.P., Pavlova V.N., Shantalinsky K.M. et al. Agroclimatic conditions in the Republic of Tatarstan in the period 1966–2021. *Hydrometeorological Research and Forecasts*. 2022;4(386):96-113. (In Russ.). <https://doi.org/10.37162/2618-9631-2022-4-96-113>
26. Prah K.C., Klink H., Hasler M. et al. Will climate change affect the disease progression of septoria tritici blotch in Northern Europe? *Agronomy*. 2023;13:1005. <https://doi.org/10.3390/agronomy13041005>
27. Игнатов А.Н., Кошкин Е.И., Андреева И.В. и др. Влияние глобальных изменений климата на фитопатогены и развитие болезней растений. *Агрохимия*. 2020;12:81-96. <https://doi.org/10.31857/S0002188120120042> EDN LSQEPX
Ignatov A.N., Koshkin E.I., Andreeva I.V. et al. The impact of global climate change on phytopathogens and the development of plant diseases. *Agrochemistry*. 2020;12:81-96. (In Russ.). <https://doi.org/10.31857/S0002188120120042> EDN LSQEPX
28. Angelotti F., Hamada E., Bettoli W. A comprehensive review of climate change and plant diseases in Brazil. *Plants*. 2024;13:2447. <https://doi.org/10.3390/plants1317244>
29. Beed F., Benedetti A., Cardinali G. et al. Climate change and micro-organism genetic resources for food and agriculture: State of knowledge, risks and opportunities. Rome: FAO, 2011.
30. Ласточкина О.В., Аллагулова Ч.Р. Механизмы ростстимулирующего и защитного действия эндофитных РГР-бактерий в растениях пшеницы при воздействии засухи (обзор). *Прикладная биохимия и микробиология*. 2023;59(1):17-37. <https://doi.org/10.31857/S0555109923010038> EDN CUREEM
Lastochkina O.V., Allagulova Ch.R. Mechanisms of growth-promoting and protective action of endophytic PGP bacteria in wheat plants exposed to drought (review). *Applied Biochemistry and Microbiology*. 2023;59(1):17-37. (In Russ.). <https://doi.org/10.31857/S0555109923010038> EDN CUREEM
31. Rakhalaru P., Mampholo B.M., Mamphogoro T.P., Thantsha M.S. Endophytic and Epiphytic Microorganisms as Biocontrol Agents: Mechanisms, Applications, and Metagenomic Approaches in Tomato Cultivation. *Molecules*. 2025;30(18):3816. <https://doi.org/10.3390/molecules30183816>
32. El-Sayed S., Hegab R. Effect of organic acids and plant growth promoting rhizobacteria (pgpr) on biochemical content and productivity of wheat under saline soil conditions. *Middle East Journal of Agriculture Research*. 2024;9(2):227-242. <https://doi.org/10.36632/mejar/2020.9.2.20>

Сведения об авторах

Абрамова Арина Алексеевна –

аспирант кафедры общего земледелия, защиты растений и селекции, Казанский государственный аграрный университет, Казань, Россия

SPIN-код: 4180-3005

abramova92a@yandex.ru

Вафин Ильшат Хафизович –

старший преподаватель кафедры общего земледелия, защиты растений и селекции, Казанский государственный аграрный университет, Казань, Россия

<https://orcid.org/0000-0002-1415-0734>

SPIN-код: 4373-3003

zemledeliekazgau@mail.ru

Медведев Никита Андреевич –

старший преподаватель кафедры общего земледелия, защиты растений и селекции, Казанский государственный аграрный университет, Казань, Россия

SPIN-код: 5427-4230

zemledeliekazgau@mail.ru

Сафин Радик Ильясович –

доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой общего земледелия, защиты растений и селекции, Казанский государственный аграрный университет, Казань, Россия

<https://orcid.org/0000-0001-6276-5728>

SPIN-код: 4373-3003

radiksaf2@mail.ru

About the authors

Arina A. Abramova –

Postgraduate Student, Department of General Agriculture, Plant Protection, and Breeding Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia

abramova92a@yandex.ru

Ilshat K. Vafin –

Senior Lecturer, Department of General Agriculture, Plant Protection, and Breeding, Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia

<https://orcid.org/0000-0002-1415-0734>

zemledeliekazgau@mail.ru

Nikita A. Medvedev –

Senior Lecturer, Department of General Agriculture, Plant Protection, and Breeding, Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia

zemledeliekazgau@mail.ru

Radik I. Safin –

Dr. Sci. (Agric), Prof., Head, Department of General Agriculture, Plant Protection, and Breeding, Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia

<https://orcid.org/0000-0001-6276-5728>

radiksaf2@mail.ru

<https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-4-69-78>

Энтомопатогенные нематоды (*Steinernema Feltiae* Filipjev) в защите смородины чёрной от смородинной узкотелой златки (*Agrilus Ribesi* Shafer)

КОРРЕСПОНДЕНЦИЯ:

Татьяна Николаевна Чурилина
E-mail: tachuna@mail.ru

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Чурилина Т.Н.
Энтомопатогенные нематоды (*Steinernema Feltiae* Filipjev) в защите смородины чёрной от смородинной узкотелой златки (*Agrilus Ribesi* Shafer). Аграрный вестник Северного Кавказа. 2025;15(4):69-78.
<https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-4-69-78> EDN NBBYXL

ПОСТУПИЛА: 26.08.2025

ДОРАБОТАНА: 24.11.2025

ПРИНЯТА: 28.11.2025

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ:

автор сообщает об отсутствии конфликта интересов.

COPYRIGHT: © 2025 Чурилина Т.Н.



Т.Н. Чурилина

Оренбургский государственный аграрный университет, Оренбург, Россия

АННОТАЦИЯ

ВВЕДЕНИЕ. Смородинная узкотелая златка (*Agrilus ribesi* Schaefer) является агрессивным фитофагом, повреждающим в хозяйствах Оренбургской области России от 39,9 до 89,6 % ветвей смородины чёрной. Пораженные ветви усыхают, и ягодники существенно и необратимо теряют продуктивность, а питомники сталкиваются с проблемой производства здорового посадочного материала. Ягодная продукция имеет особые экологические требования к применяемым химическим пестицидам, что диктует необходимость разработки безопасных биологических средств защиты.

ЦЕЛЬ. Изучить возможность инвазии и оценить биологическую эффективность обработки черенков смородины чёрной энтомопатогенными нематодами (*Steinernema feltiae* Filipjev) против личинок узкотелой златки (*A. ribesi*).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Исследования проводились в 2023–2024 гг. Обработка черенков смородины осуществлялась в лабораторных условиях, путем их погружения в суспензии нематод с концентрациями 1000, 2000 и 3000 нематод/мл. Оценка опыта осуществлялась через пять и десять дней.

РЕЗУЛЬТАТЫ. Была установлена инвазионная способность и биологическая эффективности применения энтомопатогенных нематод *St. feltiae* против личинок смородинной узкотелой златки (*A. ribesi*). Наиболее высокие показатели биологической эффективности получены через десять дней экспозиции, при концентрации 2000 нематод/мл – 83,3 %, и 3000 нематод/мл – 92,9 %.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Полученные результаты позволяют расширить биологические способы защиты смородины чёрной от златок, являющихся опасными внутрипобеговыми вредителями ягодных и плодовых культур. Применение энтомопатогенных нематод возможно для получения органической ягодной продукции.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: вредитель чёрной смородины, смородинная златка *Agrilus ribesi* Shafer, энтомопатогенные нематоды, *Steinernema feltiae* Filipjev, биологическая защита

<https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-4-69-78>

Entomopathogenic nematodes *Steinernema Feltiae* Filipjev in the protection of blackcurrant against *Agrius Ribesi* Shafer

CORRESPONDENCE:

Tatiana N. Churilina
E-mail: tachuna@mail.ru

FOR CITATION:

Churilina T.N.
Entomopathogenic nematodes *Steinernema Feltiae* Filipjev in the protection of blackcurrant against *Agrius Ribesi* Shafer. *Agrarian Bulletin of the North Caucasus*. 2025;15(4):69-78.
<https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-4-69-78> EDN NBBYXL

RECEIVED: 26.08.2025

REVISED: 24.11.2025

ACCEPTED: 28.11.2025

DECLARATION OF COMPETING INTEREST:
none declared.

COPYRIGHT: © 2025 Churilina T.N.



Tatiana N. Churilina  

Orenburg State Agrarian University, Orenburg, Russia

ABSTRACT

INTRODUCTION. *Agrius ribesi* Schaefer is an aggressive wood-boring pest, damaging between 39.9 and 89.6% of black currant (*Ribes nigrum* L.) branches in farms across the Orenburg Oblast of Russia. Infested branches wither and die, leading to significant and irreversible losses in plantation productivity. Furthermore, nurseries face considerable challenges in producing healthy planting material. Berry production imposes strict ecological requirements on the use of chemical pesticides, necessitating the development of safe biological control agents.

AIM. To investigate the invasive potential and assess the biological efficacy of the entomopathogenic nematode *Steinernema feltiae* Filipjev against *A. ribesi* when applied to black currant cuttings.

MATERIALS AND METHODS. The research was conducted in 2023–2024. Black currant cuttings were treated under laboratory conditions by immersion in aqueous suspensions of *St. feltiae* at concentrations of 1000, 2000, and 3000 nematodes per milliliter. The experiment was evaluated five and ten days post-treatment.

RESULTS. The invasive capacity and biological efficacy of the entomopathogenic nematode *S. feltiae* against the larvae of *A. ribesi* were confirmed. The highest rates of biological efficacy were recorded after a ten-day exposure, with mortality rates of 83.3% at a concentration of 2000 nematodes/mL and 92.9% at 3000 nematodes/mL.

CONCLUSION. The obtained results demonstrate the potential for expanding the biological control strategies against dangerous internal shoot pests of berry and fruit crops. The application of entomopathogenic nematodes represents a viable method for the production of organic berry crops.

KEYWORDS: blackcurrant pest, *Agrius ribesi* Shafer, entomopathogenic nematodes, *Steinernema feltiae* Filipjev, biological protection

ВВЕДЕНИЕ

Энтомопатогенные нематоды имеют широкое распространение и используются в биологической защите культур открытого и защищенного грунта [1-3]. Они являются активными паразитами, способными поражать большое количество видов вредителей различных культур, включая насекомых-фитофагов в постэмбриональном периоде развития [4; 5]. Практическое применение получили два семейства: Steinernematidae и Heterorhabditidae. В частности, энтомопатогенный вид нематод *Steinernema feltiae* (Steinernematidae) используется в программах биологической защиты растений многих европейских, южно- и североамериканских государств [6-8]. Успех применения нематод отмечается в отношении не только открыто, но и скрытно живущих видов вредителей. Так, обработка косточковых культур сусpenзией *Steinernema feltiae* против личинок чёрной златки (*Capnodis tenebrionis* (Coleoptera: Buprestidae)), являющихся ксилофагами, показала высокую (79,68-88,24 %) биологическую эффективность [9].

Эти природные энтомопатогены, действующие в симбиозе с грамотрицательными бактериями из рода *Xenorhabdus*, во многом решают проблему резистентности к химическим ксенобиотикам и позволяют бороться как с редко встречающимися, так и самыми злостными вредителями растений. Энтомопатогенные нематоды – активные энтомофаги, представляющие природосберегающую альтернативу химическим инсектицидам, особенно в борьбе с вредителями, требующими повторных обработок, существенно снижая пестицидную нагрузку на среду и позволяя получать экологически чистую продукцию плодовых и ягодных культур [10-12].

Имея микроскопические размеры, они способны инфицировать как открыто живущих вредителей, так и локализованных внутри органов растений, проникая в растительные ткани через ходы, проделанные самими фитофагами или другими вредителями, трещины, чечевички и механические повреждения. Это создает перспективу применения их в борьбе со скрытно живущими вредителями, к которым относится смородинная узкотелая златка, смородинная стеклянница, почковая моль и другие. Располагаясь внутри побега, личинки златки защищены от высоких температур, засухи, ультрафиолетового излучения, что создает очень благоприятные микроклиматические условия для нематод [13-15].

При благоприятных условиях узкотелые златки быстро распространяются и реализуют высокую плодовитость. За несколько сезонов способны привести к полной потере посадок как кустарниковой, так и древесной растительности. Примером этому могут служить начальные очаги ясеневой изумрудной узкотелой златки (*Agrilus planipennis* (Coleoptera: Buprestidae)) в Подмосковье, вызвавшие гибель сотен гектаров здоровых лесов и распространявшиеся сейчас в России на территорию Орловской, Пензенской, Самарской, Саратовской, Ростовской областей, Краснодарского края и др. Отдельные, наиболее вредоносные виды являются карантинными, и защита от них крайне затруднительна [16; 17].

Смородинная узкотелая златка (*Agrilus ribesi* Schaefer) является опасным вредителем чёрной смородины, а также может повреждать шиповник, крыжовник, красную, белую и золотистую смородины. Этот вид способен к скрытному распространению с посадочным материалом. В отдельных хозяйствах Оренбургской области личинки *A. ribesi* повреждают от 39,9 до 89,6 % ветвей смородины черной и без организации защитных мероприятий способны полностью уничтожить посадки (рисунок 1) [18].

Борьба с *A. ribesi* затруднена ввиду скрытого образа жизни личинок (внутри побегов смородины), короткого периода и ограниченного времени лета жуков, совпадающего со стадией созревания ягод черной смородины. Данный фактор особенно затрудняет проведение защитных мероприятий химическими препаратами. Важным профилактическим мероприятием является закладка посадок здоровым посадочным материалом, что имеет особенно важное значение при производстве и реализации саженцев черной смородины.

Перспективным направлением защиты растений является экологизация защитных мероприятий с использованием энтомофагов. В настоящее время среди современных биопрепараторов показывают высокую эффективность препараты на основе энтомопатогенных нематод на разных овощных, плодовых, ягодных и декоративных культурах [19-22]. Энтомопатогенные нематоды *Steinernema feltiae* Filipjev отличаются высокой поисковой активностью и заражающей способностью [23; 24].



Рисунок 1

Посадки чёрной смородины, поврежденные личинками *Agrilus ribesi* Schaefer

Источник: фото автора

Figure 1

Blackcurrant plantings damaged by larvae *Agrilus ribesi* Schaefer

Source: photo by the author

Большинство работ по испытанию и применению энтомопатогенных нематод проводятся за пределами России, в то время как отечественные исследования в этом направлении недостаточно представлены. В список разрешенных пестицидов были внесены два препарата: Энтонем-Ф (на основе *Steinernema feltiae*) и Немобакт (на основе *Steinernema carpocapsae*), производимых фирмой «Биодан», ВИЗР (г. Пушкин, Россия), лицензия на которые в настоящее время не продлена и требует расширение целевых объектов их применения.

Целью наших исследований было изучить возможность инвазии и оценить биологическую эффективность обработки черенков смородины чёрной энтомопатогенными нематодами *St. feltiae* против личинок узкотелой златки *A. ribesi*.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалы

Исследования проведены в лабораторных условиях в Оренбургском государственном аграрном университете (г. Оренбург, Россия) в 2023-2024 годы. Черенки смородины чёрной были заготовлены из визуально поврежденных личинками *A. ribesi* веток в маточнике смородины плодопитомника Новоорского района Оренбургской области. Срезка ветвей осуществлялась в период роста листовых пластинок – начала цветения смородины чёрной, так как в это время личинки златки уже активно питаются,

а диагностические признаки повреждения уже хорошо заметны. В качестве признаков повреждения служат недоразвитые листья и соцветия либо их отсутствие (рисунки 2, 3).



Рисунок 2

Кусты смородины чёрной с поврежденными личинкой смородинной узкотелой златки (*Agrilus ribesi* Schaefer) ветвями

Источник: фото автора

Figure 2

Blackcurrant bushes with branches damaged by the larva *Agrilus ribesi* Schaefer

Source: photo by the author



Рисунок 3

Повреждения, наносимые личинками смородинной узкотелой златки (*Agrylus ribesi* Schaefer) внутри ветви смородины черной

Источник: фото автора

Figure 3

Damage caused by larvae *Agrylus ribesi* Schaefer inside a blackcurrant branch

Source: photo by the author

Методы

Испытания энтомопатогенных нематод против смородинной златки прежде не проводились. За основу была взята методика обработки черенков смородины супензией энтомопатогенных нематод против смородинной стеклянницы (*Synanthedon tipuliformis* (Lepidoptera: Sesiidae)), личинки которой ведут схожий со златкой образ жизни и так же локализованы внутри побегов смородины [25–27]. В каждом варианте черенки длиной 20 см обрабатывали супензиями энтомопатогенных нематод *Steinernema feltiae* Filipjev, являющихся действующим началом российского биопрепарата «Энтонем-Ф» (фирма Биодан, ВИЗР г. Пушкин, Россия), путем погружения в соответствующие растворы с экспозицией в 2 часа.

Процедура исследования

Опыт включал три варианта (обработка супензиями *St. feltiae* 1000, 2000 и 3000 нематод/мл) и контроль (обработка водой аналогичным образом), в четырех повторностях. В каждом варианте анализировалось по 100 черенков. Затем обработанные черенки оборачивали влажной тканью и хранили в полиэтиленовых пакетах с малыми перфораци-

ями при температуре 22 °C в темном помещении. Расщепление обработанных черенков и извлечение личинок вредителя для осмотра осуществляли через 5 и 10 дней. Оценку биологической эффективности осуществляли по формуле Аббота. Статистическую обработку данных таблицы проводили методом дисперсионного анализа.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Анализы результатов проведенного исследования показали, что все выбранные концентрации супензий энтомопатогенных нематод *St. feltiae* обеспечивают инвазии ими личинок *A. ribesi*. Ввиду микроскопических размеров энтомопатогенных нематод их проникновению и перемещению внутри черенков (побегов) могут способствовать микроповреждения, а также наличие макроскопических летных отверстий златок и проделанные личинками ходы внутри побегов смородины (рисунки 4–6).



Рисунок 4

Энтомопатогенные нематоды *Steinernema feltiae* Filipjev, Steinernematidae, увеличение $\times 100\mu\text{m}$

Источник: фото автора

Figure 4

Entomopathogenic nematodes *Steinernema feltiae* Filipjev, Steinernematidae, enlargement $\times 100\mu\text{m}$

Source: photo by the author



Рисунок 5

Летное отверстие смородинной узкотелой златки (*Agrilus ribesi* Schaefer) в ветви смородины чёрной

Источник: фото автора

Figure 5

Flight hole of *Agrilus ribesi* Schaefer in a blackcurrant branch

Source: photo by the author



Рисунок 6

Ходы, проделанные личинкой смородинной узкотелой златки (*Agrilus ribesi* Schaefer), в ветви смородины чёрной

Источник: фото автора

Figure 6

The passages made by the larva *Agrilus ribesi* Schaefer in the branches of a blackcurrant

Source: photo by the author

Тем не менее при минимальной в данном опыте концентрации 1000 нематод/мл в ходы личинок златки, видимо, проникает недостаточное количество инвазионных личинок нематод, чтобы вызвать смерть личинок златки в течение 5 дней (таблица 1). Результативность варианта через 10 дней выдержки черенков также свидетельствует об этом.

Таблица 1

Биологическая эффективность (БЭ) обработки черенков смородины чёрной суспензиями энтомопатогенных нематод *St. feltiae* (в среднем за 2023–2024 годы)

Table 1

Biological efficiency of treating blackcurrant cuttings with suspensions of entomopathogenic nematodes *St. feltiae* (on average for 2023–2024)

Оцениваемые показатели	БЭ, % после обработки	
	через 5 дней	через 10 дней
Рабочая суспензия 1000 нематод/мл		
Количество личинок златки в опыте, экз.	Всего	10
	Живых	10
	Мертвых	0
БЭ, %		0,0
		41,7
–		Рабочая суспензия 2000 нематод/мл
Количество личинок златки в опыте, экз.	Всего	14
	Живых	10
	Мертвых	4
БЭ, %		28,6
		83,3
–		Рабочая суспензия 3000 нематод/мл
Количество личинок златки в опыте, экз.	Всего	13
	Живых	6
	Мертвых	7
БЭ, %		53,8
		92,9
НСР ₀₅		1,01
		1,31

Источник: составлено автором

Source: compiled by the author

Результаты исследования выявили биологическую эффективность рабочей супензии энтомопатогенных нематод *St. feltiae* через пять дней экспозиции, которая составила в концентрации 1000 нематод/мл – 0,0,2000 нематод/мл – 28,6, 3000 нематод/мл – 53,8 %. Биологическая эффективность рабочей супензии энтомопатогенных нематод *St. feltiae* через десять дней экспозиции составила в концентрации 1000 нематод/мл – 41,7, 2000 нематод/мл – 83,3, 3000 нематод/мл – 92,9 %. Таким образом, наиболее высокие показатели биологической эффективности обработки черенков смородины черной супензиями энтомопатогенных нематод против личинок *A. ribesi* получены через 10 дней экспозиции, при концентрации 2000 и 3000 нематод/мл супензии.

Особенно необходимо отметить, что проведенная профилактическая обработка черенков смородины черной против личинок *A. ribesi* не требует специальной подготовки, экономична по времени и затратам и полностью исключает применение химических пестицидов. Эти обстоятельства делают ее легкодоступной и безопасной как в производственных условиях, так и в личных подсобных хозяйствах.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Полученные в нашем исследовании результаты демонстрируют высокий потенциал энтомопатогенных нематод *Steinernema feltiae* в борьбе со скрытноживущими личинками смородинной узкотелой златки (*Agrylus ribesi*). Наблюдаемая зависимость биологической эффективности (БЭ) от концентрации супензии и времени экспозиции хорошо соглашается с данными других авторов, работавших с такими видами-ксилофагами, как *Capnodis tenebrionis* (Buprestidae) и *Synanthedon tipuliformis* (Lepidoptera). Высокая эффективность (92,9 %), достигнутая через 10 дней при концентрации 3000 нематод/мл, коррелирует с результатами, полученными другими исследователями, которые отмечали БЭ на уровне 78,6–92,5 % для разных штаммов *St. feltiae* против личинок стеклянницы *Synanthedon tipuliformis* на смородине чёрной [25–27]. Это сходство подтверждает общую закономерность: энтомопатогенные нематоды проявляют высокую вирулентность в отношении скрытноживущих личинок-ксилофагов, вероятно, благодаря их способности активно мигрировать по готовым ходам в древесине, соз-

данным вредителями [9; 27]. Низкая эффективность (0 %) при концентрации 1000 нематод/мл через 5 дней, которая возросла до 41,7 % к 10-му дню, указывает на то, что для успешной инвазии и развития патологического процесса в крупной личинке *A. ribesi* требуется как достаточная доза инвазионных личинок нематод, так и определенное время для их поиска и проникновения в насекомое, а также для работы симбиотических бактерий рода *Xenorhabdus* при поражении хозяина [6; 12; 24].

Успешное проникновение нематод в черенки через естественные микроповреждения и ходы и направленное действие на вредителя, без токсичности для самого растения и последующей продукции, является ключевым преимуществом биологического метода перед химическими инсектицидами, которые часто не достигают цели, локализованной внутри растительной ткани. Преимуществом биологических препаратов является избирательность их действия. Наши результаты подтверждают выводы многих исследователей о том, что энтомопатогенные нематоды семейства *Steinernematidae* являются высокоеффективным инструментом для борьбы с объектами, труднодоступными для химической обработки [1; 9; 14; 27].

Основным ограничением настоящей работы является ее лабораторный характер. В будущих исследованиях необходимо оценить приживаемость черенков смородины после обработки *St. feltiae* в полевых условиях. А также практический интерес имеет обработка плодоносящих производственных посадок смородины, заселенных златкой при различных способах апликации (например, опрыскивание кустов в период активного питания личинок и лета жуков). Внесение в почву энтомопатогенных нематод против смородинной златки не имеет смысла, так как, по нашим данным, в корневой системе смородины *A. ribesi* не обнаружены [28]. Кроме того, представляет интерес тестирование других видов и штаммов энтомопатогенных нематод (например, *St. carpocapsae*), которые могут проявлять еще большую эффективность против *A. ribesi*. Несмотря на эти ограничения, проведенное исследование четко демонстрирует, что профилактическая обработка черенков супензией *St. feltiae* является высокоперспективным и экологически безопасным методом защиты черной смородины от смородинной узкотелой златки, что особенно актуально для питомников и хозяйств, ориентированных на производство органической продукции.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование доказывает высокую эффективность энтомопатогенных нематод *St. feltiae* в борьбе с личинками смородинной узкотелой златки *A. ribesi*. Установлена четкая зависимость биологической эффективности от концентрации супензии и времени экспозиции. Наибольшая биологическая эффективность (92,9 %) отмечена через 10 суток после обработки черенков супензией с концентрацией 3000 экз/мл. Концентрация 2000 экз/мл также обеспечила высокий результат – 83,3 % эффективности. Полученные результаты

подтверждают, что обработка черенков супензией *St. feltiae* является высокоперспективным, экологически безопасным и экономически целесообразным методом защиты черной смородины. Этот подход особенно актуален для питомниководства и хозяйств, ориентированных на производство органической продукции, так как позволяет обеспечить получение здорового посадочного материала без применения химических пестицидов. Для оптимизации технологии защиты необходимы дальнейшие исследования по расширению списка целевых объектов применения энтомопатогенных нематод *St. feltiae*, в том числе для использования их в полевых условиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ/REFERENCES

1. Janardhan H.N., Askary T.H., Bhat A.H. et al. Morphological and molecular profiling of an entomopathogenic nematode *Steinernema feltiae*: Unlocking its biocontrol potential against vegetable insect pests. *Zootaxa*. 2023;5351(2):202-220. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.5351.2.2>
2. Vasar M., Davison J., Sepp S.-K. et al. (2022). Global soil microbiomes: A new frontline of biome-ecology research. *Global Ecology and Biogeography*. 2022;31(6):1120-1132. <https://doi.org/10.1111/geb.13487>
3. Matuska-Łyżwa J., Wodecka B., Kaca W. Characterization of *Steinernema feltiae* (Rhabditida: Steinernematidae) isolates in terms of efficacy against cereal ground beetle *Zabrus tenebrioides* (Coleoptera: Carabidae): Morphometry and Principal Component Analysis. *Insects*. 2023;14(2):150. <https://doi.org/10.3390/insects14020150>
4. Priscepa L.I., Mikulskaja N.I., Bezrucenok N.N. Izuchenije biologiceskogo raznoobrazia entomopatogennyh nematod v Belarusi. *Izvestija Akademii agrarnych nauk Respubliki Belarus*. 2000;2:59-62.
5. Cacija M., Bazok R., Kolenc M. et al. Field efficacy of *Steinernema* sp. (Rhabditida: Steinernematidae) on the Colorado potato beetle overwintering generation. *Plants*. 2021;10(7):1464. <https://doi.org/10.3390/plants10071464>
6. Puža V., Mráček Z., Nermut J. Novelties in pest control by entomopathogenic and Mollusc-parasitic nematodes. In: Hill H, editor. *Integrated Pest Management (IPM): Environmentally Sound Pest Management*. London : InTech. 2016;71-102. <https://doi.org/10.5772/64578>
7. Addis T., Mulawarman M., Wayenberge L. et al. Identification and intraspecific variability of *Steinernema feltiae* strains from Cemoro Lawang village in Eastern Java, Indonesia. *Russ Journal of Nematology*. 2011;19:21-9.
8. Drobnjaković T., Grujić N., Luković J. et al. Potential of *Steinernema feltiae* (Nematoda: Steinernematidae) native populations in the biocontrol of *Lycoriella ingenua* (Diptera: Sciaridae) and their impact on mushroom production. *Agriculture*. 2025;15(5):537. <https://doi.org/10.3390/agriculture15050537>
9. Morton A., Fernando G. Effectiveness of different species of entomopathogenic nematodes for biocontrol of the Mediterranean flatheaded rootborer, *Capnodis tenebrionis* (Linné) (Coleoptera: Buprestidae) in potted peach tree. *Journal of Invertebrate Pathology*. 2008;97(2):128-133. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2007.09.003>
10. Kasi I.K., Singh M., Waiba K.M. et al. Potential of two indigenous strains of entomopathogenic nematodes, (*Steinernema feltiae* and *Heterorhabditis bacteriophora*) against the tomato leafminer (TLM), *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae), under laboratory and greenhouse environmental bioassay. *Research Square*. 2022. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1065129/v2>

11. Anorbayev A., Kurbonova N., Tillyakhodjaeva N. *Integrating entomopathogenic nematodes into sustainable organic potato farming through a three-stage release technology*. bioRxiv. 2024. <https://doi.org/10.1101/2024.10.30.621008>
12. Danilov L.G., Kaplin V.G. Nematicidal activity of nematode-symbiotic bacteria *Xenorhabdus bovienii* and *X. nematophila* against root-knot nematode *Meloidogyne incognita*. *Parasitology*. 2020;54(5):413-422.
13. Зейналов А.С., Чурилина Т.Н. Биоценотические основы регуляции численности фитофагов в агроэкосистемах смородины. *Биологическая защита растений – основа стабилизации агроэкосистем. Становление и перспективы развития органического земледелия в Российской Федерации*. Краснодар, 11–13 сентября, 2018 г. ВНИИ биологической защиты. 2018;101-103.
Zeynalov A.S., Churilina T.N. Biocenotic principles of phytophage population regulation in currant agroecosystems. *Biological plant protection as a basis for agroecosystem stabilization. Formation and development prospects of organic farming in the Russian Federation*. Krasnodar, September 11–13, 2018. All-Russian Research Institute of Biological Protection. 2018;101-103. (In Russ.).
14. Пушня М.В., Исмаилов В.Я., Балахнина И.В. и др. Биологический контроль вредителей сельскохозяйственных культур с использованием метода автодиссеминации энтомопатогенных нематод семейства Steinermatidae (Nematoda: Rhabditida). *Сельскохозяйственная биология*. 2021;56(3):523-536.
Pushnya M.V., Ismailov V.Ya., Balakhnina I.V. et al. Biological control of agricultural pests using the method of autodissemination of entomopathogenic nematodes of the family Steinermatidae (Nematoda: Rhabditida). *Agricultural biology*. 2021;56(3):523-536. (In Russ.).
15. Mandadi N., Hussaini S.S., Patil J. et al. An overview of trends in pest management and the need for a paradigm shift in technologies for the progression of entomopathogenic nematodes in managing crop health. *Journal of Biological Control*. 2024;38(2):138-169. <https://doi.org/10.18311/jbc/2024/36286>
16. Баранчиков Ю.Н. Подготовка к защите лесов Европы от инвазийных видов златок. *Сибирский лесной журнал*. 2018;6:126-131. <https://doi.org/10.15372/SJFS20180612>
Baranchikov Yu.N. Preparations for the protection of European forests from invasive species of jewel beetles. *Siberian Forest Journal*. 2018;6:126-131. (In Russ.). <https://doi.org/10.15372/SJFS20180612>
17. Баранчиков Ю.Н., Добролюбов Н.Ю., Семёнов С.М. Изменения климатического ареала ясеневой узкотелой златки *Agrilus planipennis* Fairmaire (Coleoptera: Buprestidae) в северном полушарии. *Российский журнал биологических инвазий*. 2024;(3):14-25. <https://doi.org/10.35885/1996-1499-17-3-014-026>
Baranchikov Yu.N., Dobrolyubov N.Yu., Semenov S.M. Changes in the climatic range of the ash borer *Agrilus planipennis* Fairmaire (Coleoptera: Buprestidae) in the Northern Hemisphere. *Russian Journal of Biological Invasions*. 2024;(3):14-25. (In Russ.). <https://doi.org/10.35885/1996-1499-17-3-014-026>
18. Чурилина Т.Н., Зейналов А.С., Метлицкая К.В. Особенности применения химических средств защиты растений в борьбе со смородинной узкотелой златкой в агробиоценозе смородины черной. *Плодовоодство и ягодоводство России* : сб. науч. работ. Москва : ВСТИСП. 2018(52):163-168.
Churilina T.N., Zeynalov A.S., Metlitskaya K.V. Features of the application of chemical plant protection products in the fight against the currant narrow-bodied borer in the agrobiocenosis of black currant. *Fruit and berry growing in Russia: Collection of scientific works*. Moscow : VS-TISP. 2018(52):163-168. (In Russ.).
19. Koppenhöfer A.M., Kostromytska O.S., Wu S. Optimizing the use of entomopathogenic nematodes for the management of *Listronotus maculicollis* (Coleoptera: Curculionidae): Split applications and combinations with imidacloprid *Crop Protection* (Guildford, Surrey). 2024;137:105-229. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2020.105229>
20. Metwally H.M.S., Saleh M.M.E., Abonaem M. Formulation for foliar and soil application of entomopathogenic nematodes for controlling the onion thrips *Thrips tabaci* Lindeman (Thysanoptera: Thripidae). *Egypt Journal of Biological Pest Control*. 2025;35:4. <https://doi.org/10.1186/s41938-025-00841-8>

21. Abonaem M. Selection, Optimization and Technical Application of Entomopathogenic Nematodes for the Biological Control of Major Insect Pests on Tomato. *PhD thesis, Technische Universität Darmstadt, Darmstadt, Germany.* 2021. <https://doi.org/10.26083/tuprints-00019085>
22. Price C., Campbell H., Pope T. Potential of entomopathogenic nematodes to control the cabbage stem flea beetle *Psylliodes chrysocephala*. *Insects.* 2023;14(7):665. <https://doi.org/10.3390/insects14070665>
23. Чакина Д.А., Родионова Е.Ю. Оценка эффективности препаратов на основе *Steinernema carpocapsae* (Nematoda: Rhabditida) против большой восковой моли (*Galleria mellonella* L.) и большого мучного хрущака (*Tenebrio molitor* L.). *Самарский научный вестник.* 2023;12(2):98-101. <https://doi.org/10.55355/snv2023122115>
Chakina D.A., Rodionova E.Yu. Evaluation of the effectiveness of preparations based on *Steinernema carpocapsae* (Nematoda: Rhabditida) against the greater wax moth (*Galleria mellonella* L.) and the large mealworm beetle (*Tenebrio molitor* L.). *Samara Scientific Bulletin.* 2023;12(2):98-101. (In Russ.). <https://doi.org/10.55355/snv2023122115>
24. Campos-Herrera R., Gutiérrez C. *Steinernema feltiae* intraspecific variability: Infection dynamics and sex-ratio. *Journal of Nematology.* 2014;46:35-43.
25. Метлицкий О.З., Васильева С.О., Данилов Л.Г. К оценке возможностей применения энтомопатогенных рабдитоидных нематод против вредных насекомых в садоводстве. *Плодоводство и ягодоводство России.* 1994:67-69.
Metlitsky O.Z., Vasilyeva S.O., Danilov L.G. On the assessment of the possibilities of using entomopathogenic rhabditoid nematodes against harmful insects in horticulture. *Pomiculture and Small Fruits Culture in Russia.* 1994:67-69. (In Russ.).
26. Зейналов А.С. О борьбе с галлицами и стеклянницей в питомниках и маточниках черной смородины в Подмосковье. *Перспективы отечественного садоводства. Тез. докл. 2-й Республиканской конференции молодых ученых и специалистов.* Киев. 1991:132-133.
Zeynalov A.S. On the control of gall midges and glassworms in blackcurrant nurseries and mother plants in the Moscow region. *Prospects for Domestic Horticulture. Abstract of the report of the 2nd Republican Conference of Young Scientists and Specialists.* Kyiv. 1991:132-133. (In Russ.).
27. Безрученок Н.Н. Биологический контроль *Synanthedon tipuliformis*. *Вестник Полесского государственного университета.* 2014;2:56-59.
Bezruchonok N.N. Biological control of *Synanthedon tipuliformis*. *Bulletin of Polesie State University.* 2014;2:56-59. (In Russ.).
28. Зейналов А.С., Чурилина Т.Н. Экологические факторы, влияющие на развитие смородинной златки в Оренбургском степном Зауралье. *Плодоводство и ягодоводство России.* 2010.24(2):172-178.
Zeynalov A.S., Churilina T.N. Environmental factors influencing the development of the currant borer in the Orenburg steppe Trans-Urals. *Pomiculture and Small Fruits Culture in Russia.* 2010.24(2):172-178. (In Russ.).

Сведения об авторе

Чурилина Татьяна Николаевна –
кандидат биологических наук, доцент кафедры
земледелия, биоэкологии и агрохимии,
Оренбургский государственный аграрный
университет, Оренбург, Россия

<https://orcid.org/0009-0001-1438-7176>

SPIN-код: 6656-1410

tachuna@mail.ru

About the author

Tatiana N. Churilina –
Cand. Sci. (Biol), Assoc. Prof., Department
of Agriculture, Bioecology and Agrochemistry,
Orenburg State Agrarian University,
Orenburg, Russia

<https://orcid.org/0009-0001-1438-7176>

tachuna@mail.ru

<https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-4-79-89>

Эффективность комбинации гербицида и минеральных удобрений в повышении урожайности и сахаристости корнеплодов сахарной свеклы в условиях зоны неустойчивого увлажнения

КОРРЕСПОНДЕНЦИЯ:

Алена Юрьевна Ожередова
E-mail: alena.gurueva@mail.ru

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Ожередова А.Ю., Грищенко А.А.,
Письменная Е.В., Лошаков А.В.
Эффективность комбинации
гербицида и минеральных
удобрений в повышении
урожайности и сахаристости
корнеплодов сахарной свеклы
в условиях зоны неустойчивого
увлажнения. *Аграрный вестник*
Северного Кавказа. 2025;15(4):79-89.
<https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-4-79-89> EDN NETIAG

ПОСТУПИЛА: 19.08.2025

ДОРАБОТАНА: 21.11.2025

ПРИНЯТА: 30.11.2025

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ:

авторы сообщают об отсутствии
конфликта интересов.

COPYRIGHT: © 2025 Ожередова А.Ю.,
Грищенко А.А.,
Письменная Е.В.,
Лошаков А.В.



А.Ю. Ожередова ID, А.А. Грищенко ID, Е.В. Письменная ID,
А.В. Лошаков ID

Ставропольский государственный аграрный университет, Ставрополь, Россия

АННОТАЦИЯ

ВВЕДЕНИЕ. В условиях усиления климатической нестабильности и ограниченности ресурсов в свеклосеющих регионах Юга России особую актуальность приобретает разработка высокоэффективных агротехнологий для повышения урожайности и сахаристости корнеплодов сахарной свеклы. Научным пробелом остается отсутствие комплексных решений по взаимодействию между элементами системы питания и защиты растений.

ЦЕЛЬ. Оценить синергетический эффект совместного применения гербицида и минеральных удобрений на продуктивность и качество корнеплодов сахарной свеклы, возделываемых в зоне неустойчивого увлажнения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Исследования проводились в 2023–2024 гг. в условиях производственных полей АО фирмы «Агрокомплекс» имени Н. И. Ткачева, расположенной в Выселковском муниципальном районе Краснодарского края на гибриде сахарной свеклы ФД Сокол. Заложен двухфакторный полевой опыт, включающий три варианта минерального питания (контроль, рекомендованная и расчетная нормы), и четыре нормы расхода гербицида Древер, КЭ (0, 1,0, 1,3, 1,5 л/га). Учет урожайности и сахаристости проводили по стандартным методикам.

РЕЗУЛЬТАТЫ. Выявлен выраженный синергетический эффект при совместном применении минеральных удобрений и гербицида. Оптимальная комбинация расчетная норма удобрений $N_{140}P_{149}K_{126}$ и гербицид в дозе 1,5 л/га обеспечила максимальные показатели: урожайность 40,5 т/га, сахаристость 18,6 %. Экономический анализ подтвердил высокую эффективность данного варианта с рентабельностью 94,9 %.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Установлено, что комплексное применение минеральных удобрений и гербицида Древер, КЭ является высокоэффективным методом в повышении продуктивности и сахаристости корнеплодов сахарной свеклы для зоны неустойчивого увлажнения. Результаты работы могут быть адаптированы не только для Краснодарского края, но и для регионов с другими почвенно-климатическими условиями. Перспективным направлением является изучение эффективности данной комбинации (удобрение + гербицид) на других гибридах сахарной свеклы.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: сахарная свекла, гербицид, нормы минеральных удобрений, урожайность, сахаристость, экономическая эффективность производства

<https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-4-79-89>

Effect of herbicide and mineral fertilizer combination on enhancing yield and sugar content of sugar beet roots under unstable moisture conditions

CORRESPONDENCE:

Alena Yu. Ozheredova
E-mail: alena.gurueva@mail.ru

FOR CITATION:

Ozheredova A.Yu., Grishchenko A.A., Pismennaya E.V., Loshakov A.V.
Effect of herbicide and mineral fertilizer combination on enhancing yield and sugar content of sugar beet roots under unstable moisture conditions. *Agrarian Bulletin of the North Caucasus*. 2025;15(4):79-89.
<https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-4-79-89> EDN NETIAG

RECEIVED: 19.08.2025

REVISED: 21.11.2025

ACCEPTED: 30.11.2025

DECLARATION OF COMPETING INTEREST:

none declared.

COPYRIGHT: © 2025 Ozheredova A.Yu., Grishchenko A.A., Pismennaya E.V., Loshakov A.V.



Alena Yu. Ozheredova , Anastasia A. Grishchenko ,
Elena V. Pismennaya , Alexander V. Loshakov

Stavropol State Agrarian University, Stavropol, Russia

ABSTRACT

INTRODUCTION. The intensifying impacts of climate change, coupled with the limited availability of essential resources, present obstacles to the sustainable cultivation of sugar beet in Southern Russia. Addressing these challenges necessitates the development of strategic farming techniques that can reliably improve both yield and sugar quality. However, a significant research gap remains the lack of comprehensive solutions regarding the interaction between plant nutrition and protection system components.

AIM. To evaluate the synergistic effect of the combined application of herbicide and mineral fertilizers on the productivity and quality of sugar beet roots cultivated in a zone of unstable moisture.

MATERIALS AND METHODS. The research was conducted in 2023–2024 at the Agrokomplex JSC named after N.I. Tkachev, located in the Vyselkovsky Municipal District of Krasnodar Krai, using the FD Sokol sugar beet hybrid. A two-factor field experiment was established, comprising three mineral nutrition treatments (control, recommended, and calculated rate) and four application rates of the herbicide Drever, EC (0, 1.0, 1.3, 1.5 L/ha). Yield and sugar content were assessed using standard methodologies.

RESULTS. A pronounced synergistic effect was revealed from the combined application of mineral fertilizers and the herbicide. The optimal combination—the calculated fertilizer rate ($N_{140}P_{149}K_{126}$) and the herbicide at a dose of 1.5 L/ha—achieved the maximum performance indicators: a yield of 40.5 t/ha and a sugar content of 18.6%. Economic analysis confirmed the high efficiency of this treatment, with a profitability of 94.9%.

CONCLUSION. It was established that the integrated application of mineral fertilizers and the herbicide Drever, EC is a highly effective method for increasing the productivity and sugar content of sugar beet roots in zones of unstable moisture. The results of this work can be adapted not only for Krasnodar Krai but also for regions with other soil and climatic conditions. A promising direction for future research is the study of the efficacy of this combination (fertilizer + herbicide) on other sugar beet hybrids.

KEYWORDS: sugar beet, herbicide, fertilizer rates, crop yield, sugar content, profitability

ВВЕДЕНИЕ

Сахарная свекла (*Beta vulgaris* L.) является одной из важнейших технических культур в мировом агропромышленном комплексе, обеспечивая сырьем сахарную промышленность и внося значительный вклад в продовольственную безопасность стран [1–3]. Эффективное возделывание данной культуры напрямую связано с решением ключевых задач по повышению урожайности и качества корнеплодов, что требует разработки и оптимизации современных агротехнологических приемов [4–6]. Российская Федерация сохраняет мировое лидерство по производству сахарной свеклы с ежегодным объемом порядка 41,2 млн т в 2024 году. Второе место занимает Франция (34,4 млн т), третье – Соединенные Штаты Америки (33,3 млн т)¹.

В соответствии с указом Президента РФ был поставлен вектор на повышение продуктивности сельскохозяйственных культур не менее чем на 25 % по сравнению с уровнем предыдущих годов. Посевные площади в Российской Федерации под сахарную свеклу в 2024 году составили 1 млн 168,6 тыс. га, и средняя урожайность составляет 39,2 т/га. Согласно данным сайта, Краснодарский край, Воронежская и Тамбовская области входят в тройку лидеров по посевным площадям сахарной свеклы. Однако к 2024 году во всех этих регионах зафиксировано существенное снижение урожайности: в Краснодарском крае сократилась с 57,2 до 33,8 т/га, в Воронежской области – с 52,1 до 39 т/га, а в Тамбовской области – с 55,9 до 39,4 т/га². Основными факторами, повлиявшими на ухудшение показателей, стали неблагоприятные погодные условия, сокращение использования импортного семенного материала, уменьшение норм внесения минеральных удобрений, а также недостаточно эффективная система защиты посевов. Для предотвращения дальнейшего снижения продуктивности этой экономически значимой культуры необходимо изучать сочетание элементов агротехнологий ее производства. Особенно это важно для условий Краснодарского края, где дефицит и неравномерное распределение осадков в течение вегетационного периода в отдельные годы диктуют необходимость разработки комплексных

адаптивных решений. При этом в научной литературе имеются только разрозненные исследования, в которых показано отдельно влияние минеральных удобрений или средств защиты растений на урожайность, а также показатели качества получаемых корнеплодов.

Одним из основополагающих элементов интенсивной технологии возделывания сахарной свеклы выступает применение минеральных удобрений. Многочисленные исследования подтверждают, что рациональное использование макро- и микроудобрений способствует не только значительному росту вегетативной массы и массы корнеплодов, но и повышению их сахаристости, что в конечном итоге определяет валовой сбор сахара с единицы площади [8–11]. Вторым неотъемлемым компонентом современной технологии является эффективная система защиты посевов от сорных растений, которые наносят значительный ущерб, особенно в критические периоды начального роста культуры [12–15]. Гербициды остаются основным методом контроля сорняков, а их грамотный подбор, комбинирование в баковых смесях и соблюдение регламентов применения позволяют минимизировать фитотоксичность и добиться эффективности подавления сорняков на уровне 90–95 % [16–18]. Исследования демонстрируют, что интегрированные системы защиты, сочетающие почвенные и послевсходовые гербициды, способны обеспечить прибавку урожая корнеплодов до 10,3 т/га и повысить выход сахара [19–21].

В настоящее время особый научный и практический интерес представляет изучение синергетического эффекта от комбинированного применения средств химизации – минеральных удобрений и гербицидов. Однако комплексное изучение этого вопроса для регионов с нестабильным увлажнением остается недостаточно освещенным в научной литературе. В связи с этим целью исследования является оценка синергетического эффекта совместного применения гербицида и минеральных удобрений на продуктивность и качество корнеплодов сахарной свеклы, возделываемых в зоне неустойчивого увлажнения.

¹ Главный сайт для агронома России. URL: <https://glavagronom.ru/articles/rynek-saharnoy-svekly-mirovoe-proizvodstvo-urozhay-v-rf-i-perspektivy-na-2025-god> (дата обращения: 11.09.2025).

² Главный сайт для агронома России. URL: <https://glavagronom.ru/news/nazvany-top-10-regionov-po-ploshchadyam-pod-saharnoy-svekloy-v-2025-godu> (дата обращения: 11.09.2025).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объект исследования

Объектом исследования являлся одноростковый диплоидный гибрид сахарной свеклы на стерильной основе – ФД Сокол (среднепоздний), оригинал: «FLORIMOND DESPREZ VEUVE ET FILS» SAS, FRANCE. Включен в Государственный реестр селекционных достижений в 2020 году. Средняя урожайность 55,28 т/га. Средняя сахаристость – 16,8 %. Предшественник – озимая пшеница.

Почвенные условия

Почва опытного участка – чернозем обыкновенный мощный малогумусный легкосуглинистый. Содержание перед закладкой опыта гумуса 2,5–3,8 %, подвижного фосфора и обменного калия (по Мачигину) – 27,5 мг/кг и 392 мг/кг соответственно.

Место и условия проведения

Исследования проводились в 2023–2024 году на территории предприятия имени И. П. Ревко АО фирмы «Агрокомплекс» им. Н. И. Ткачева (Выселковский муниципальный район Краснодарского края). Место эксперимента расположено на юге России в зоне неустойчивого увлажнения Краснодарского края со среднегодовым количеством осадков в диапазоне 590–685 мм. Сумма активных температур на протяжении вегетационного периода колеблется от 2200 до 3400 °С, гидротермический коэффициент по Г. Т. Селянинову равен 1,1–1,3. Опыт заложен методом организованных повторений, повторность 3-кратная, с общей площадью делянки 10 000 м², учетной – 1240 м². Фактор А включал нормы минеральных удобрений: 1) контроль без внесения удобрений; 2) рекомендованная норма ($N_{100}P_{120}K_{110}$); 3) расчетная норма на планируемую урожайность 40 т/га ($N_{140}P_{149}K_{126}$). Фактор В – норма применения гербицида Древер, КЭ, включал следующие варианты: 1) контроль (без обработки); 2) 1,0 л/га; 3) 1,3 л/га; 4) 1,5 л/га.

Погодные условия

Сахарную свеклу возделывают в зонах с умеренным климатом. К основным регионам ее размещения относят Центрально-Черноземную зону – Краснодарский и Ставропольский края, Рязанскую, Тульскую, Липецкую и Тамбовскую области (зоны неустойчивого и умеренного увлажнения). Наш эксперимент был заложен в 2023 и 2024 годах в зоне неустойчивого увлажнения Краснодарского края. В 2023 году за допосевной период (с октября по декабрь 2022 года и с января по март 2023 года)

выпало 361 мм осадков, что оказалось ниже, чем в 2024 году в эти же месяцы, на 114 мм. В момент вегетации сахарной свеклы, с апреля по сентябрь, в 2023 году было зафиксировано, по данным метеостанции, 334 мм осадков, что оказалось в 1,7 раза больше чем в 2024 году. При сравнении годовых данных со среднемноголетним значением можно отметить, что 2023 год был самым увлажненным, показатель превышал норму на 113 мм, 2024 год засушливым – количество осадков ниже среднемноголетнего значения на 172 мм. В оба года средняя температура воздуха была выше многолетнего показателя на 2,3 °С (2023 год), 3,8 °С (2024 год). Сложившиеся погодные условия повлияли на снижение урожайности сахарной свеклы от 30 до 50 % в зависимости от изучаемого варианта опыта.

Схема опыта

Опыт двухфакторный: фактор А – нормы минеральных удобрений, фактор В – нормы гербицида Древер, КЭ. Опыт заложен методом организованных повторений, повторность 3-кратная, с общей площадью делянки 10 000 м², учетной – 1240 м². Фактор А включал нормы минеральных удобрений: 1) контроль без внесения удобрений; 2) рекомендованная норма ($N_{100}P_{120}K_{110}$); 3) расчетная норма на планируемую урожайность 40 т/га ($N_{140}P_{149}K_{126}$). Фактор В – норма применения гербицида Древер, КЭ, включал следующие варианты: 1) контроль (без обработки); 2) 1,0 л/га; 3) 1,3 л/га; 4) 1,5 л/га.

Система применения минеральных удобрений

Рекомендованная норма $N_{100}P_{120}K_{110}$, обоснована результатами многолетних исследований, проведенных А. Х. Шеудженом³. Минеральные удобрения вносились в соответствии с рекомендованной нормой, при этом их применение было распределено по ключевым фазам развития культуры. Стартовый запас фосфора и калия, а также часть азота был заложен до посева с помощью диаммофоски ($N_{30}P_{78}K_{78}$) 300 кг/га и аммофоса (N_3P_{13}) 25 кг/га. В момент посева использовалась нитроаммофоска ($N_{32}P_{32}K_{32}$) 200 кг/га для обеспечения всходов легкодоступным питанием. В период интенсивного роста, на стадии формирования 4–6 пар настоящих листьев, была проведена азотная подкормка аммиачной селитрой (N_{35}) 100 кг/га для поддержания вегетативного развития.

³ Шеуджен А.Х. Агрохимия. Часть 5. Прикладная агрохимия : учебное пособие. Майкоп : ООО «Полиграф-ЮГ». 2017:860.

Расчетная норма удобрений определялась по методике специалистов Северо-Кавказского федерального научного аграрного центра и АгроХимЦентра «Ставропольский»⁴. На фоне расчетной нормы применялось допосевное внесение диаммоfosки 300 кг/га ($N_{30}P_{78}K_{78}$) и аммофоса 50 кг/га (N_6P_{26}), предпосевное внесение под культивацию аммиачной селитры 40 кг/га (N_{21}), припосевное применение нитроаммоfosки 300 кг/га ($N_{48}P_{48}K_{48}$) и подкормка в фазу 4–6 пар листьев аммиачной селитрой 100 кг/га (N_{35}). Расчетная норма минеральных удобрений ежегодно корректировалась в зависимости от агрохимических показателей чернозема обыкновенного мощного малогумусного легкосуглинистого.

Система защиты растений

Древер, КЭ – послевсходовый гербицид для борьбы с однолетними двудольными и некоторыми злаковыми сорняками в посевах сахарной, столовой и кормовой свеклы. Состав: Десмединам 71 г/л + + Фенмединам 91 г/л + ЭтоФумезат 112 г/л. Обработку посевов проводили согласно схеме опыта только гербицидом Древер, КЭ в фазу 2–4 листьев сорняков с расходом рабочей жидкости 200–300 л/га, другие гербициды не применялись.

Методы исследований

Учет урожайности выполняли в соответствии с руководством по проведению государственного сортоиспытания (2019)⁵. Определение сахаристости корнеплодов проводили согласно требованиям ГОСТ Р 53036–2008⁶. Статистическую обработку данных проводили методами дисперсионного и корреляционно-регрессионного анализа по Б. А. Доспехову (1985). Экономическую эффективность оценивали на основе технологических карт с использованием актуальных нормативов затрат и рыночных цен.

Учет засоренности и эффективности гербицидов

Учет на наличие сорной растительности был проведен на 21-е и 45-е сутки после обработки гербици-

дом. В среднем за 2023–2024 гг. нормы минеральных удобрений существенного влияния на динамику роста сорной растительности, как положительную, так и отрицательную, в два периода учетов (21 и 45 дней) не оказывали. А вот анализ между применяемой нормой гербицида и уровнем подавления сорной растительности показывал зависимость, с ее увеличением происходило снижение их количества.

Через 21 день после обработки гербицидом в норме 1 л/га снижается сорная растительность от 141 до 17 шт/м² (эффективность 87 %), а масса сорняков – от 12781 до 208 г/м². Норма 1,3 л/га уменьшала засоренность до 16 шт/м² (эффективность 87 %) и массу сорняков до 79 г/м². Наилучший результат достигался при 1,5 л/га: засоренность падала до 8 шт/м² (эффективность 91 %), масса сорняков – до 34 г/м². Снижение было достоверным.

Через 45 день после обработки гербицидом на контрольном варианте засоренность сохранялась на высоком уровне – от 127 до 142 шт/м². Применение гербицида в норме 1,0 л/га приводило к существенному снижению засоренности. Количество сорняков уменьшалось до 14 шт/м², что соответствовало эффективности действия 89 %. Масса сорных растений снижалась до 101 г/м². Увеличение нормы гербицида до 1,3 л/га обеспечивало дальнейшее снижение засоренности. Количество сорняков уменьшалось до 11 шт/м² (эффективность 92 %), масса – до 43 г/м². Наибольшая эффективность отмечена при применении гербицида в норме 1,5 л/га. В этом варианте засоренность снижалась до минимальных значений – 6 шт/м², что соответствовало эффективности 96 %. Масса сорняков составляла всего 13 г/м². Статистический анализ подтверждал достоверность различий между вариантами с разными нормами гербицида. Сочетание расчетной нормы удобрений и гербицида в норме 1,5 л/га формировало минимальную засоренность – 2 шт/м², с эффективностью 99 %.

⁴ Петрова Л.Н., Чернов А.Я., Шустикова Е.П. Методические указания для расчета потребности и распределения фондов минеральных удобрений в колхозах и совхозах Ставропольского края. Ставрополь, 1987; 20 с.

⁵ Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Выпуск первый. Официальный сайт ФГБУ «Госсорткомиссии». URL: [Chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/](https://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/) https://gossortf.ru/upload/2019/08/metodica_1.pdf

⁶ ГОСТ Р 53036–2008. Свекла сахарная. Методы испытаний. URL: <https://protect.gost.ru/v.aspx?control=8&baseC=6&page=295&month=6&year=2008&search=%D0%93%D0%9E%D0%A1%D0%A2&RegNum=1&DocOnPageCount=15&id=166216>

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Урожайность

Изучаемые в опыте нормы минеральных удобрений оказывали существенное влияние на урожайность сахарной свеклы (таблица 1). На контролльном варианте без внесения удобрений урожайность составляла 20,8 т/га. Внесение рекомендованной нормы ($N_{100}P_{120}K_{110}$) минеральных удобрений способствовало повышению урожайности на 10,8 т/га. Наибольшая урожайность, 38,9 т/га, была достигнута при использовании расчетной нормы ($N_{140}P_{149}K_{126}$). Этот результат превышает показатель контроля на 18,1 т/га. Полученные данные согласуются с выводами других исследователей о том, что оптимизация минерально-го питания является ключевым фактором реализации потенциала продуктивности сахарной свеклы [8; 9].

Использование гербицида Древер, КЭ показало устойчивую положительную динамику влияния на урожайность. Даже минимальная норма 1,0 л/га обеспечила прибавку урожая на 2,8 т/га по сравнению с контролем. Увеличение нормы гербицида до 1,3 л/га привело к повышению урожайности до 4,2 т/га.

Таблица 1

Влияние норм минеральных удобрений и гербицида на урожайность сахарной свеклы (средняя за 2023–2024 гг.), т/га

Table 1
Effect of mineral fertilizer and herbicide rates on sugar beet yield (average for 2023–2024), t/ha

Норма удобрения, А	Норма применения гербицида, В				А, $HCP_{05} = 2,04$
	Контроль (без применения гербицида)	1,0 л/га	1,3 л/га	1,5 л/га	
Контроль (без удобрений)	17,3	20,4	21,9	23,7	20,8
Рекомендованная ($N_{100}P_{120}K_{110}$)	28,3	31,0	32,8	34,4	31,6
Расчетная на планируемую урожайность 40 т/га ($N_{140}P_{149}K_{126}$)	36,4	38,8	39,9	40,5	38,9
В, $HCP_{05} = 2,48$	27,3	30,1	31,5	32,9	$HCP_{05} = 3,42$

Максимальная норма 1,5 л/га позволила добиться наивысших показателей с достоверной прибавкой 1,4 т/га относительно предыдущей нормы и 5,6 т/га по сравнению с контролльным вариантом. Результаты подтверждают высокую биологическую эффективность препарата Древер, КЭ и его роль в снижении конкурентной нагрузки со стороны сорняков, что особенно критично в начальные фазы роста культуры [12; 15]. Наибольшая урожайность, которая равна 40,5 т/га, была получена при сочетании расчетной ($N_{140}P_{149}K_{126}$) нормы удобрений и максимальной нормы (1,5 л/га) гербицида Древер, КЭ. Данный факт свидетельствует о наличии синергетического эффекта, при котором комплексное воздействие факторов А и В превосходит сумму их отдельных эффектов, обеспечивая максимальную продуктивность агроценоза.

Сахаристость

Нормы минеральных удобрений значительно влияли на сахаристость корнеплодов сахарной свеклы (таблица 2). На контролльном варианте без внесения удобрений сахаристость составила 12,7 %. Применение рекомендованной нормы удобрений ($N_{100}P_{120}K_{110}$) обеспечило существенное увеличение сахаристости корнеплодов до 16,4 %, что на 3,7 % выше контрольных значений. Наибольший эффект от применения минерального удобрения наблюдался при использовании расчетной нормы ($N_{140}P_{149}K_{126}$), где сахаристость корнеплодов достигла 17,7 %. Это превышает контроль на 5, а рекомендованную норму на 1,3 %.

На сахаристость корнеплодов сахарной свеклы также повлияли и нормы применения гербицида Древер, КЭ. На контроле она составляла 14 %. Применение гербицида в норме 1,0 л/га обеспечило увеличение сахаристости корнеплодов культуры на 1,4 % по сравнению с контролльным вариантом. Повышение нормы гербицида до 1,3 л/га обеспечило достоверный прирост сахаристости корнеплодов на 1,4 % по сравнению с контролем. Максимальная норма, 1,5 л/га, позволила достичь значений показателя сахаристости в корнеплодах – 16,6 %, разница по отношению с нормой 1,3 л/га составила 0,4 % (не существенна), с контролем 2,6 % (достоверна). Рост сахаристости при применении гербицида, вероятно, связан с устранением сорняков-конкурентов за ресурсы, прежде всего за воду и элементы питания, что в условиях неустойчивого увлажнения имело критическое значение и позволило растениям свеклы более эффективно направлять ассимиляты в корнеплод [14].

Таблица 2

Влияние норм минеральных удобрений и гербицида на сахаристость корнеплодов сахарной свеклы (среднее за 2023–2024 гг.), %

Table 2

Effect of mineral fertilizer and herbicide rates on sugar content of sugar beet roots (average for 2023–2024), %

Норма удобрения, А	Норма применения гербицида, В	Сахаристость, %
Контроль (без удобрений)	Контроль (без применения гербицида)	10,2
	1,0 л/га	12,3
	1,3 л/га	13,8
	1,5 л/га	14,3
Рекомендованная ($N_{100}P_{120}K_{110}$)	Контроль	15,4
	1,0 л/га	16,3
	1,3 л/га	16,8
	1,5 л/га	17,0
Расчетная на планируемую урожайность 40 т/га ($N_{140}P_{149}K_{126}$)	Контроль (без применения гербицида)	16,5
	1,0 л/га	17,7
	1,3 л/га	18,0
	1,5 л/га	18,6
HCP ₀₅ фактор А		1,12
HCP ₀₅ фактор В		0,62
HCP ₀₅ взаимодействие АВ		1,54

Взаимосвязь сахаристости и урожайности корнеплодов сахарной свеклы по всем вариантам опыта положительная и очень сильная (таблица 3). Выявленная корреляция ($r > 0,9$) между урожайностью и сахаристостью указывает на то, что применяемые агроприемы способствовали гармоничному развитию как количественных, так и качественных показателей урожая.

Таблица 3

Взаимосвязь сахаристости и урожайности корнеплодов сахарной свеклы (среднее за 2023–2024 гг.)

Table 3

Relationship between sugar content and yield of sugar beet roots (average for 2023–2024)

Сахаристость, %	Урожайность, т/га				
	Контроль*	Контроль*	1,0 л/га	1,3 л/га	1,5 л/га
		1			
1,0 л/га	0,996891	1			
1,3 л/га	0,99144	0,998419	1		
1,3 л/га	0,983715	0,994498	0,998249	1	

Примечание: * контроль (без применения гербицида)

Note: * control (without herbicide)

Таким образом, нормы минеральных удобрений оказывали существенное влияние на сахаристость корнеплодов сахарной свеклы, обеспечивая прибавку от 3,7 до 5 %, что свидетельствует о важности минерального питания для накопления сахаров в производимой продукции. Наибольший прирост наблюдался на фоне применения нормы 1,5 л/га, он составлял от 14,0 до 16,6 %. Максимальный результат по сахаристости (18,6 %) достигается только при оптимальном сочетании факторов: расчетной нормы удобрений ($N_{140}P_{149}K_{126}$) и максимальной нормы гербицида (1,5 л/га). Это обусловлено комплексным воздействием на культуру: минеральные удобрения обеспечивают питание сахарной свеклы, а гербицид способствует снижению конкуренции с сорными растениями. Взаимосвязь сахаристости (%) и урожайности (т/га) корнеплодов сахарной свеклы по всем вариантам опыта – выше 0,9. Полученные результаты являются убедительным доказательством того, что в условиях зоны неустойчивого увлажнения именно интегрированный подход, сочетающий оптимизацию питания и эффективную защиту от сорняков, позволяет раскрыть потенциал продуктивности и качества сахарной свеклы.

Экономическая эффективность

Проведенные исследования позволили рассчитать экономическую эффективность производства корнеплодов сахарной свеклы в зависимости от применяемых норм минеральных удобрений и гербицида Древер, КЭ (таблица 4). В качестве основных оценочных показателей использовались: урожайность и сахаристость корнеплодов, цена единицы продукции, денежная выручка с 1 га, затраты труда на единицу площади и продукции, производственные затраты, включая стоимость удобрений и средств защиты растений, себестоимость тонны продукции, размер полученной прибыли и уровень рентабельности производства. Применение минеральных удобрений существенно повысило все экономические показатели по сравнению с контролем (без удобрений). Рекомендованная ($N_{100}P_{120}K_{110}$) и расчетная ($N_{140}P_{149}K_{126}$) нормы увеличивали урожайность культуры на 10,8–18,1 т/га соответственно. Денежная выручка в связи с этим увеличивалась с 1 га – на 95,4 и 159,9 тыс. руб., прибыль с 1 га – на 45,9 и на 92,8 тыс. руб, рентабельность на 28,7 и 56,1 %.

Таблица 4

Экономическое обоснование производства корнеплодов сахарной свеклы в зависимости от влияния норм минеральных удобрений и гербицида (среднее за 2023–2024 гг.)

Table 4

Economic justification for sugar beet production depending on the impact of mineral fertilizer and herbicide rates (average for 2023–2024)

Показатель Норма применения гербицида	Нормы минеральных удобрений											
	Контроль (без удобрений)				Рекомендованная ($N_{100}P_{120}K_{110}$)				Расчетная на 40 т/га ($N_{140}P_{149}K_{126}$)			
	Контроль (без применения гербицида)	1 л/га	1,3 л/га	1,5 л/га	Контроль (без применения гербицида)	1 л/га	1,3 л/га	1,5 л/га	Контроль (без применения гербицида)	1 л/га	1,3 л/га	1,5 л/га
Урожайность с 1 га, т	17,3	20,4	21,9	23,7	28,3	31,0	32,8	34,4	36,4	38,8	39,9	40,5
Цена продукции, тыс. руб/т	3,12	4,04	4,69	4,90	5,38	5,77	5,98	6,07	5,86	6,38	6,51	6,77
Денежная выручка с 1 га, тыс. руб.	54,05	82,34	102,65	116,23	152,29	178,93	196,44	209,01	213,27	247,54	259,75	274,20
Затраты труда на 1 га, чел.-ч	14,5	15,9	16,4	17,1	25,6	26,6	27,2	27,6	29,3	30,3	30,6	30,8
Затраты труда на 1 т, чел.-ч	0,84	0,78	0,75	0,72	0,90	0,86	0,83	0,80	0,81	0,78	0,77	0,76
Производственные затраты на 1 га, тыс. руб.	62,7	69,8	72,5	75,8	112,9	118,9	122,0	124,6	131,7	137,3	139,4	140,7
Себестоимость 1 т, тыс. руб.	3,62	3,42	3,33	3,19	3,99	3,84	3,72	3,62	3,61	3,54	3,49	3,47
Прибыль на 1 га, тыс. руб.	-8,62	12,53	30,18	40,39	39,36	59,97	74,41	84,39	81,54	110,19	120,30	133,54
Уровень рентабельности, %	-13,8	17,9	41,7	53,3	34,8	50,4	61,0	67,7	61,9	80,2	86,3	94,9

Применение гербицида Древер, КЭ во всех вариантах опыта положительно сказалось на экономических показателях. Увеличение нормы внесения гербицида Древер, КЭ с 1,0 до 1,5 л/га достоверно повышали урожайность корнеплодов сахарной свеклы на 2,8–5,6 т/га по отношению к контролю.

Самая высокая выручка с 1 га наблюдалась при норме применения гербицида 1,5 л/га, она составила 199,8 тыс. руб., что превышало контроль на 59,9 тыс. руб., норму 1,0 л/га на 30,2 тыс. руб. и норму 1,3 л/га на 13,5 тыс. руб. Использование гербицида в норме 1,5 л/га позволило добиться самой высокой рентабельности – 71,9 %, что выше контроля на 44,3 %, нормы 1,3 л/га на 8,9 % и нормы 1,0 л/га на 34,8 %. Экономический анализ наглядно демонстрирует, что дополнительные затраты на приобретение и внесение повышенных норм минеральных удобрений и гербицида полностью окупаются значительной прибавкой урожая и его качества. Важно подчеркнуть, что максимальная рентабельность (94,9 %) была достигнута в варианте с расчетной нормой удобрений и гербицидом 1,5 л/га, что делает данную комбинацию не только агрономически, но и экономически целесообразной для внедрения в производственных условиях исследуемого региона.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования доказали наличие синергетического эффекта при совместном применении минеральных удобрений и гербицида Древер, КЭ на посевах сахарной свеклы в условиях зоны неустойчивого увлажнения в Краснодарском крае. Установлено, что комбинация расчетной нормы удобрений $N_{140}P_{149}K_{126}$ и гербицида в дозе 1,5 л/га обеспечивает максимальную урожайность (40,5 т/га), сахаристость (18,6 %) корнеплодов и высокую экономическую эффективность (рентабельность 94,9 %). Основным

ограничением работы выступила высокая контрастность погодных условий в годы исследований, что, однако, подтвердило эффективность изучаемого приема в различных гидротермических сценариях. Полученные результаты имеют важную практическую значимость, предоставляя агропроизводителям научно обоснованный регламент для повышения продуктивности и доходности свекловодства. Перспективным направлением дальнейших исследований является изучение химизации (удобрения + гербициды) в других почвенно-климатических условиях и на новых гибридах сахарной свеклы.

Вклад авторов

А. Ю. Ожередова: административное руководство исследовательским проектом, научное руководство.

А. А. Грищенко: проведение исследования, написание черновика рукописи, написание рукописи – рецензирование и редактирование.

Е. В. Письменная: валидация результатов.

А. В. Лошаков: проведение исследования, предоставление ресурсов.

Contributions

A. Y. Ozheredova: project administration, supervision.

A. A. Grishchenko: investigation, writing-original draft, writing-review & editing.

E. V. Pismennaya: validation.

A. V. Loshakov: investigation, resources.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ/REFERENCES

1. Mall A.K., Srivastava S., Mulet J.M., Popovic V., Misra V. Sugar beet special issue: Biotechnology and breeding techniques for stress-resistant sugar beet. *Sugar Tech.* 2024. <https://doi.org/10.1007/s12355-024-01501-1>
2. Egorova M.I., Smirnova L.Yu., Puzanova L.N., Leontieva E.V. Formalized assesment of the progression of diseases of sugar beet entering the sugar production process flow. *Russian Agricultural Sciences.* 2023;49(2):139-148. <https://doi.org/10.3103/S1068367423080050>
3. Nowicki R., Wilczewski E., Kłosowski M. The timing of sugar beet harvesting significantly influences roots yield and quality characteristics. *Agronomy.* 2025;15(3):704. <https://doi.org/10.3390/agronomy15030704>
4. Святова О.В., Солошенко Р.В. Значение свеклосахарного подкомплекса АПК для экономики страны. *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии.* 2013;1:21-24.
5. Svyatova O.V., Soloshenko R.V. The importance of the beet sugar subcomplex of the agro-industrial complex for the country's economy. *Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy.* 2013;1:21-24. (In Russ.).
5. Табынбаева Л.К., Кантарбаева Э.Е., Пучкова С.Ю., Малицкая Н.В., Карманов Р.М. Солтүстік Қазақстан жағдайында қант қызылшасының отандық және шетелдік будандарын бағалау. *Ғылым және білім.* 2023;3(2(72)):352-362. <https://doi.org/10.52578/2305-9397-2023-3-2-352-362>
- Tabynbaeva L.K., Kantarbaeva E.E., Puchkova S.Yu., Malitskaya N.V., Karmanov R.M. Solstik Kazakhstan zhagdaynda kant qyzylshasynyn otandyk zhane sheteldik budandaryn bagalau. *Gylым zhane bilim.* 2023;3(2(72)):352-362. (In Kazakh.). <https://doi.org/10.52578/2305-9397-2023-3-2-352-362>

6. Tayyab M., Sanaullah M., Wakeel A. Sodium substitutes potassium requirements of sugar beet under saline-sodic conditions. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 2023;186(4):464-472. <https://doi.org/10.1002/jpln.202200398>
7. Ghimire D., Maharjan B. Optimizing nitrogen management to enhance irrigated sugar beet yield and quality. *Agronomy Journal*. 2024;116(5):2564-2572. <https://doi.org/10.1002/agj2.21617>
8. Кененбаев С., Рамазанова С., Гусев В., Есенбаева Г. Применение минеральных удобрений в сельском хозяйстве южных регионов Казахстана. *Ізденистер, Нәтижелер*. 2023;2(98):111-121. <https://doi.org/10.37884/2-2023/11>
Kenenbaev S., Ramazanova S., Gusev V., Yesenbaeva G. Application of mineral fertilizers in agriculture of the southern regions of Kazakhstan. *Ізденистер, Нәтижелер*. 2023;2(98):111-121. (In Russ.). <https://doi.org/10.37884/2-2023/11>
9. Смольский Е.В., Серченков А.А., Нечаев М.М. Значение почвенно-климатических условий и удобрения в формировании урожая сахарной свеклы. *Сахарная свекла*. 2023;7:19-22. <https://doi.org/10.25802/SB.2023.11.43.003>
Smolsky E.V., Serchenkov A.A., Nечаев M.M. The importance of soil and climatic conditions and fertilizers in the formation of sugar beet yield. *Sugar Beet*. 2023;7:19-22. (In Russ.). <https://doi.org/10.25802/SB.2023.11.43.003>
10. Потапова В.П. Вредоносность сорных растений в посевах сахарной свеклы. *Защита растений*. 2022;41:59-65.
Potapova V.P. Harmfulness of weeds in sugar beet crops. *Plant Protection*. 2022;41:59-65.
11. Ali A.M., Ali A.M.K., Hamd-Alla W. Sugar Beet Productivity Response to Intercropping System and Nitrogen Fertilizer. *Asian Journal of Research in Crop Science*. 2023;8(4):287-301. <https://doi.org/10.9734/ajrcs/2023/v8i4209>
12. Kotlánová B., Hledík P., Hudec S., et al. The Influence of Sugar Beet Cultivation Technologies on the Intensity and Species Biodiversity of Weeds. *Agronomy*. 2024;14(2):390. <https://doi.org/10.3390/agronomy14020390>
13. Kulan E.G., Kaya M.D. Effects of weed-control treatments and plant density on root yield and sugar content of sugar beet. *Sugar Tech*. 2023;25(4):805-819. <https://doi.org/10.1007/s12355-023-01249-0>
14. Дворянкин Е.А. Продуктивность отечественных гибридов сахарной свеклы в зависимости от эффективности различных схем гербицидов в борьбе с сорняками разного возраста. *Сахар*. 2024;1:29-33. <https://doi.org/10.24412/2413-5518-2024-1-29-33>
Dvoryankin E.A. Productivity of domestic sugar beet hybrids depending on the effectiveness of various herbicide regimens in controlling weeds of different ages. *Sakhar*. 2024;1:29-33. (In Russ.). <https://doi.org/10.24412/2413-5518-2024-1-29-33>
15. Grzanka M., Sobiech L., Idziak R., et al. Impact of chemical weed management in sugar beet (*Beta vulgaris*) on productivity, quality and economics. *Journal of Plant Protection Research*. 2023;459-467. <https://doi.org/10.24425/jppr.2023.146878>
16. Игнатова Г.А. Совершенствование интегрированной системы защиты посевов сахарной свеклы от сорных растений в условиях Орловской области. *Вестник аграрной науки*. 2022;1(94):12-16. <https://doi.org/10.17238/issn2587-666X.2022.1.12>
Ignatova G.A. Improvement of the integrated system for protecting sugar beet crops from weeds in the conditions of the Oryol region. *Bulletin of Agrarian Science*. 2022;1(94):12-16. (In Russ.). <https://doi.org/10.17238/issn2587-666X.2022.1.12>
17. Березнов А.В., Астарханов И.Р., Ашурбекова Т.Н., Астарханова Т.С., Абасова Т.И. Эффективность нового отечественного гербицида для защиты сахарной свеклы. *Проблемы развития АПК региона*. 2024;1(57): 30-36. https://doi.org/10.52671/20790996_2024_1_30
Bereznov A.V., Astarkhanov I.R., Ashurbekova T.N., Astarkhanova T.S., Abasova T.I. Efficiency of a new domestic herbicide for sugar beet protection. *Problems of Development of the Regional Agro-Industrial Complex*. 2024;1(57):30-36. (In Russ.). https://doi.org/10.52671/20790996_2024_1_30
18. Hamed L.M.M., Absy R., Elmenofy W., Emara E.I.R. Enhancing sugar beet (*Beta vulgaris* L.) yield and quality: Evaluating the efficiency of chemical and mechanical weed control strategies. *Agronomy*. 2023;13(12):2951. <https://doi.org/10.3390/agronomy13122951>

19. Киселева Т.С. Влияние гербицидов на продуктивность свеклы в Тюменской области. *Международный научно-исследовательский журнал*. 2024;1(139). <https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.139.40>
Kiseleva T.S. The influence of herbicides on sugar beet productivity in the Tyumen region. *International Research Journal*. 2024;1(139). (In Russ.). <https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.139.40>
20. Тютюнов С.И., Солнцев П.И., Хорошилова Ю.В. и др. Влияние интенсификации систем удобрений и защиты растений на урожайность культур в зернопаропропашном севообороте. *Сахарная свекла*. 2024;8:15-18. <https://doi.org/10.25802/SB.2024.33.42.003>
Tyutuyunov S.I., Solntsev P.I., Khoroshilova Yu.V. et al. Effect of intensification of fertilizer and plant protection systems on crop yields in grain-fallow-row crop rotation. *Sugar Beet*. 2024;8:15-18. (In Russ.). <https://doi.org/10.25802/SB.2024.33.42.003>
21. El-Metwally I.M., El-Shahawy T.A.E.G. Enhancing sugar beet quality and productivity under the effects of co-application of urea and herbicides on weed control and crop performance. *Bulletin of the National Research Centre*. 2025;49(1):36. <https://doi.org/10.1186/s42269-025-01327-1>

Сведения об авторах

Ожередова Алена Юрьевна –

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
заведующая кафедрой агрохимии и физиологии
растений, Ставропольский государственный аграрный
университет, Ставрополь, Россия

<https://orcid.org/0000-0001-6038-6409>

SPIN код: 3968-8440

alena.gurueva@mail.ru

Грищенко Анастасия Алексеевна –

магистр, Ставропольский государственный
аграрный университет, Ставрополь, Россия

<https://orcid.org/0009-0005-0643-8091>

SPIN код: 8010-6576

nastyagrishchenko.04@mail.ru

Письменная Елена Вячеславовна –

доктор сельскохозяйственных наук, профессор
кафедры землеустройства, кадастра и ландшафтной
архитектуры, Ставропольский государственный
аграрный университет, Ставрополь, Россия

<https://orcid.org/0000-0003-2786-1954>

SPIN код: 2770-2383

pismennaya.elena@bk.ru

Лошаков Александр Викторович –

доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заве-
дующий кафедрой землеустройства, кадастра и ланд-
шафтной архитектуры, Ставропольский государствен-
ный аграрный университет, Ставрополь, Россия

<https://orcid.org/0000-0002-0897-3099>

SPIN код: 9132-3227

alexandrloshakov@mail.ru

About the authors

Alena Yu. Ozheredova –

Cand. Sci. (Agric.), Ass. Prof., Head, Department
of Agrochemistry and Plant Physiology, Stavropol State
Agrarian University, Stavropol, Russia

<https://orcid.org/0000-0001-6038-6409>

alena.gurueva@mail.ru

Anastasia A. Grishchenko –

Master, Stavropol State Agrarian University, Stavropol,
Russia

<https://orcid.org/0009-0005-0643-8091>

nastyagrishchenko.04@mail.ru

Elena V. Pismennaya –

Dr. Sci. (Agric.), Prof., Department of Land Management,
Cadastre and Landscape Architecture, Stavropol State
Agrarian University, Stavropol, Russia

<https://orcid.org/0000-0003-2786-1954>

pismennaya.elena@bk.ru

Alexander V. Loshakov –

Dr. Sci. (Agric.), Prof., Head, Department of Land
Management, Cadastre and Landscape Architecture,
Stavropol State Agrarian University, Stavropol, Russia

<https://orcid.org/0000-0002-0897-3099>

alexandrloshakov@mail.ru

<https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-4-90-102>

Новый сорт арахиса (*Arachis hypogaea* L.) 'Виктория'

КОРРЕСПОНДЕНЦИЯ:

Ирина Викторовна Варганова
E-mail: i.varganova@vir.nw.ru

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Бемова В.Д., Гаврилова В.А.,
Якушева Т.В., Варганова И.В.,
Лебедева Н.В.
Новый сорт арахиса
(*Arachis hypogaea* L.) 'Виктория'.
Аграрный вестник Северного Кавказа.
2025;15(4):90-102.
<https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-4-90-102> EDN LKSGVO

ПОСТУПИЛА: 11.08.2025

ДОРАБОТАНА: 22.11.2025

ПРИНЯТА: 29.11.2025

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ:

авторы сообщают об отсутствии конфликта интересов.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование выполнено в рамках Программы развития Национального центра генетических ресурсов растений по соглашению с Минобрнауки России от 26 февраля 2025 года № 075-02-2025-1584.

COPYRIGHT: © 2025 Бемова В.Д.,
Гаврилова В.А.,
Якушева Т.В.,
Варганова И.В.,
Лебедева Н.В.



В.Д. Бемова¹ , В.А. Гаврилова¹ , Т.В. Якушева² ,
И.В. Варганова¹ ✉, Н.В. Лебедева¹

¹ Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия

² Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова, Кубанская опытная станция – филиал ВИР, пос. Ботаника, Краснодарский край, Россия

АННОТАЦИЯ

ВВЕДЕНИЕ. Арахис – важная масличная культура, выращиваемая во многих странах. Россия является крупным импортером арахиса. В России отсутствуют промышленные посевы арахиса и недостаточно данных о биологических особенностях и хозяйственном ценных свойствах сортов, пригодных к возделыванию в условиях юга страны. Необходимы исследования, направленные на оценку продуктивности и адаптивных свойств новых сортов. Получение новых сортов важно для поддержания российской продовольственной безопасности и экономики.

ЦЕЛЬ. Описать этапы создания сорта арахиса 'Виктория', изучить его биологические особенности, оценить хозяйственное ценное свойства и обеспечить документацию сорта путем обнародования типового гербария, назначенного номенклатурным стандартом сорта.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. В статье приводятся результаты сравнения хозяйственными ценных признаков сорта арахиса 'Виктория' с сортом-стандартом 'Отрадокубанский' на основе трехлетнего эколого-географического испытания за 2019–2021 гг. в Краснодарском крае и Астраханской области.

РЕЗУЛЬТАТЫ. Создан крупносемянный сорт арахиса 'Виктория' кондитерского назначения. Приведены результаты сравнения хозяйственными ценных признаков нового сорта с сортом-стандартом 'Отрадокубанский'. В засушливых условиях арахис 'Виктория' способен давать устойчивый урожай, по массе 1000 семян 'Виктория' не уступает стандарту. Подготовлено морфобиологическое описание нового сорта и его типовой гербарий, который передан на хранение в Гербарий культурных растений мира, их диких родичей и сорных растений (WIR), в Национальный центр генетических ресурсов растений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Сорт 'Виктория' обладает высокой продуктивностью и адаптирован к засушливым условиям юга России. Результаты исследования подтверждают возможность его использования в сельскохозяйственном производстве.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: арахис, селекция, сорт 'Виктория', адаптивность, гербарий, номенклатурный стандарт, эколого-географические испытания, сорт 'Отрадокубанский'

<https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-4-90-102>

New 'Viktoriya' peanut cultivar (*Arachis hypogaea* L.)

CORRESPONDENCE:

Irina V. Varganova

E-mail: i.varganova@vir.nw.ru

FOR CITATION:

Bemova V.D., Gavrilova V.A., Yakusheva T.V., Varganova I.V., Lebedeva N.V.

New 'Viktoriya' peanut cultivar (*Arachis hypogaea* L.). *Agrarian Bulletin of the North Caucasus*. 2025;15(4):90-102.

<https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-4-90-102> EDN LKSGVO

RECEIVED: 11.08.2025

REVISED: 22.11.2025

ACCEPTED: 29.11.2025

DECLARATION OF COMPETING INTEREST:

none declared.

FUNDING:

The paper is performed within the framework of the National Centre for Plant Genetic Resources Development Program supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation under the agreement dated February 26, 2025 No. 075-02-2025-1584.

COPYRIGHT: © 2025 Bemova V.D., Gavrilova V.A., Yakusheva T.V., Varganova I.V., Lebedeva N.V.



Viktoria D. Bemova¹ , Vera A. Gavrilova¹ , Tamara V. Yakusheva² , Irina V. Varganova¹ ✉, Natalia V. Lebedeva¹

¹ N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia

² N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, Kuban Experiment Station – branch of VIR, Botanika settlem., Krasnodar Krai, Russia

ABSTRACT

INTRODUCTION. Peanut (*Arachis hypogaea* L.) is a globally significant oilseed and food legume. Russia, while a major peanut importer, lacks commercial production. There is a notable deficit of data on the biological and agronomic characteristics of peanut cultivars suitable for cultivation in the southern regions of the country. Research aimed at evaluating the productivity and adaptive capacity of new cultivars is essential. The development of domestic cultivars is of strategic importance for enhancing national food security and economic sustainability.

AIM. To detail the breeding process of the new 'Viktoriya' peanut cultivar, investigate its key biological features, assess its agriculturally valuable traits, and establish its formal varietal documentation through the designation and deposition of a standard herbarium specimen.

MATERIALS AND METHODS. The article presents the results of a comparison of agriculturally valuable traits of 'Viktoriya' with the standard 'Otradokubansky' cultivar based on a three-year ecological-geographical trial conducted from 2019 to 2021 in the Krasnodar Krai and Astrakhan Oblast.

RESULTS. A large-seeded 'Viktoriya' peanut cultivar for confectionery use was developed. Comparative analysis with the standard 'Otradokubansky' cultivar demonstrated that 'Viktoriya' provides a stable yield under arid conditions. In terms of the critical parameter of 1000-seed weight, 'Viktoriya' performs comparably to the standard. A comprehensive morpho-biological description of the cultivar was compiled. The nomenclatural standard herbarium specimen of new cultivar was prepared and deposited in the Herbarium of Cultivated Plants, their Wild Relatives and Weeds at the National Center for Plant Genetic Resources.

CONCLUSION. The cv. 'Viktoriya' exhibits high productivity and is adapted to the arid conditions of southern Russia. The research results confirm its potential for use in agricultural production.

KEYWORDS: peanut *Arachis hypogaea* L., breeding, 'Viktoriya' cultivar, adaptability, herbarium, nomenclatural standard, ecological-geographical trials, 'Otradokubansky' cultivar

ВВЕДЕНИЕ

Арахис – важная масличная культура, используемая в пищевой промышленности. При промышленном возделывании используется только вид арахис культурный (*Arachis hypogaea* L., сем. Fabaceae Lindl.). Семена арахиса являются источником высококачественных белков (20–30 %) и жиров (35–56 %) [1], что делает его ценным сырьем в кондитерской и масложировой отраслях. Согласно исследованиям, культивируемый арахис имеет узкую генетическую основу хозяйствственно ценных признаков и устойчивости к заболеваниям [2; 3]. Многие существующие сорта имеют близкое родство, поэтому возможность применения скрещивания для создания новых сортов ограничена. Так, в Китае при анализе родословных среди 191 сорта арахиса, было установлено, что сорта с генетическим фоном 'Shitouqi' и 'Fuhuasheng' составили 63,4 % [4]. Для увеличения генетического разнообразия в США в селекции арахиса используют зародышевую плазму и селекционные линии [5].

Среди основных направлений селекции арахиса в мире можно выделить повышение урожайности, улучшение качества масла и его жирнокислотного состава, устойчивость к заболеваниям, биотическим и абиотическим стрессам [6; 7]. В последние годы приоритетными направлениями селекции стали: улучшение вкусовых качеств [8], устойчивость к болезням [9] и засухе [10]. Засуха является одним из главных ограничивающих факторов урожайности и качества продукции арахиса [11], при этом более чем 70 % площадей возделывания арахиса в настоящее время испытывают воздействие засухи [12]. В этих условиях для современной селекции арахиса особенно важны поиск, привлечение и создание новых источников хозяйствственно ценных признаков.

Образцы арахиса поддерживаются в национальных и международных генетических банках [13]. Значительное количество этих образцов изучено по морфологическим и биохимическим признакам. Исследования выявляют вариабельность качественных и количественных признаков как у культурного арахиса, так и у его диких родичей [14; 15]. Коллекция арахиса Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова (ВИР) насчитывает 1823 образца из 73 стран мира,

различающихся по сортотипу, морфологии и проявлению хозяйственно ценных признаков. Использование ресурсов коллекции ВИР позволяет выявлять перспективные для селекционной работы образцы и оценить их потенциал возделывания. В настоящее время в России промышленное выращивание арахиса все еще не ведется, а доля семян арахиса в импорте орехов составляет более 70 % [16].

Известно, что южные регионы России по климатическим условиям пригодны для выращивания этой культуры [17]. Первые свидетельства о культивировании арахиса на территории Российской империи относятся к 1825 г., когда арахис был высеян на территории Одесского ботанического сада [18]. В Краснодарском крае первые посевы культуры появились в 1894 г., в Нижнем Поволжье в 1920-х гг. В 1920–1930 гг. арахис успешно культивировался в южных регионах Украины и России, на Северном Кавказе и в Нижнем Поволжье [19]. Селекционная работа и изучение арахиса в СССР начались с разработки приемов гибридизации на селекционной станции «Круглик» в 1926 г. (Краснодарский край). В 1932 г. на основе станции был образован Всесоюзный научно-исследовательский институт масличных культур (ВНИИМК), где были созданы первые советские сорта арахиса: 'ВНИИМК 344', 'ВНИИМК 433', 'Испанский улучшенный' [20]. Позднее исходный материал для селекции стали получать с помощью внутривидовой гибридизации, благодаря чему были выведены высокоурожайные сорта 'Краснодарец 13' и 'Краснодарец 14'.

В начале 2000-х гг. изучение арахиса в России практически прекратилось. На 2023 г. в Государственном реестре сортов и селекционных достижений РФ представлены 3 сорта: 'Отрадокубанский', 'Астраханский 5' и 'Айпиджи Кьюар 14' ¹. В 2025 г. в Госреестр селекционных достижений был включен крупносемянный сорт арахиса 'Виктория', созданный в федеральном исследовательском центре «Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова» (ВИР). Разработка и внедрение крупносемянных сортов арахиса является актуальным направлением для юга России, где почвенно-климатические условия благоприятны для промышленного производства этой культуры. Создание адаптированных сортов способствует формированию собственной сырьевой базы, снижению зависимости от импорта и укреплению продовольственной безопасности

¹ Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. М. : Росинформагротех, 2023. Т. 1: Сорта растений. 632 с.

страны. Развитие отечественной селекции арахиса особенно важно в условиях меняющегося климата и роста потребности населения в высококачественном растительном белке.

Цель данной работы – охарактеризовать биологические и хозяйствственно ценные свойства нового сорта арахиса 'Виктория' и обеспечить документацию сорта путем обнародования гербария, назначенного номенклатурным стандартом сорта. В задачи исследования входило апробация селекционной методики на основе данных эколого-географических испытаний и сравнение хозяйствственно ценных признаков полученного сорта со стандартом 'Отрадокубанский'. Научная новизна работы заключается в комплексной оценке свойств нового крупносемянного сорта арахиса 'Виктория' в условиях юга России. Полученные данные позволяют расширить представления о продуктивности, адаптивности и селекционном потенциале нового сорта арахиса, а оформление номенклатурного стандарта обеспечит документирование сорта, закрепит его приоритетное название и защитит права селекционеров [21].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалы

Сорт арахиса 'Виктория' создан на основе данных эколого-географического испытания 63 образцов арахиса коллекции ВИР, которое проводилось

в 2019–2021 гг. Для исследования были отобраны образцы разного происхождения (США, Узбекистан, Индонезия, Италия, Мексика, Россия, Грузия, Китай, Бразилия, Манчжурия, Трансвааль, Зимбабве, Азербайджан, Аргентина, Сенегал, Индия, Канада, Марокко, Израиль, Румыния, Португалия, Уганда, Танзания, Мали, Эквадор, Камерун, Буркина-Фасо, Мадагаскар, Вьетнам, Турция), сортотипов (Испанский, Испанский Улучшенный, Валенсия, Теннесси белый и красный, Порто-Аллегро) и форм (кустовая, полукустовая, стелющаяся). В качестве стандарта в исследовании использовали сорт арахиса 'Отрадокубанский' (номер каталога ВИР к-1987).

Из образца к-2064 путем отбора из лучших типичных растений с высокими наблюдаемыми характеристиками хозяйствственно ценных признаков и последующим высевом семян, полученных от этих растений, была создана линия № 2064/5, в 2025 г. зарегистрированная в качестве сорта 'Виктория'.

Природно-климатическая характеристика районов проведения исследований

Эколого-географические испытания проводились на Кубанской опытной станции – филиале ВИР (КОС ВИР) и в Прикаспийском аграрном федеральном научном центре Российской академии наук (ПАФНЦ РАН). Территория КОС ВИР располагается в степной зоне, ПАФНЦ РАН – в зоне полупустынь (таблица 1).

Таблица 1

Характеристика условий проведения эколого-географических испытаний (2019–2021 гг.)

Table 1

Characteristics of the conditions of ecological-geographical trials (2019–2021)

Сокращенное название пункта / Points of research	КОС ВИР	ПАФНЦ РАН
Географическое положение / Geographical location	Краснодарский край	Астраханская область
Координаты / Coordinates	45°12'56.5"N 40°47'51.1"E	47°55'36.4"N 46°07'40.5"E
Климат / Climate	Умеренно континентальный	Резко континентальный
Рельеф / Relief	Ровный	Ровный
Почва / Soil	Слабо выщелоченный чернозем	Светло-каштановые
Содержание гумуса в пахотном горизонте почвы, % / Humus content in the arable horizon, %	3,6–4,6	0,7–0,8
Условия полива опытных образцов арахиса / Irrigation conditions for the experimental peanut samples	Без полива	Капельный: 2 раза в неделю в период набора вегетативной массы. Далее однократно каждые 10 дней в период без дождей

Note: КОС ВИР – Kuban Experimental Station of VIR; ПАФНЦ РАН – Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences

Погодные условия в годы проведения эколого-географических испытаний

Погодные условия на КОС ВИР и ПАФНЦ РАН за 2019–2021 гг. характеризовали по метеоданным, полученным от метеостанции Черный Яр для ПАФНЦ РАН и от метеопункта КОС ВИР (рисунки 1, 2). В годы эксперимента средняя сумма активных темпера-

тур в КОС составила 3756 °C, в ПАФНЦ – 3845 °C, достоверных различий между пунктами наблюдений не выявлено ($p = 0,413$). Различия средних показателей за 3 года наблюдались по суммам осадков: в ПАФНЦ средняя сумма осадков, 120 мм, за период с температурами выше 10 °C была достоверно ($p = 0,018$) ниже, чем в КОС, 387 мм [22].

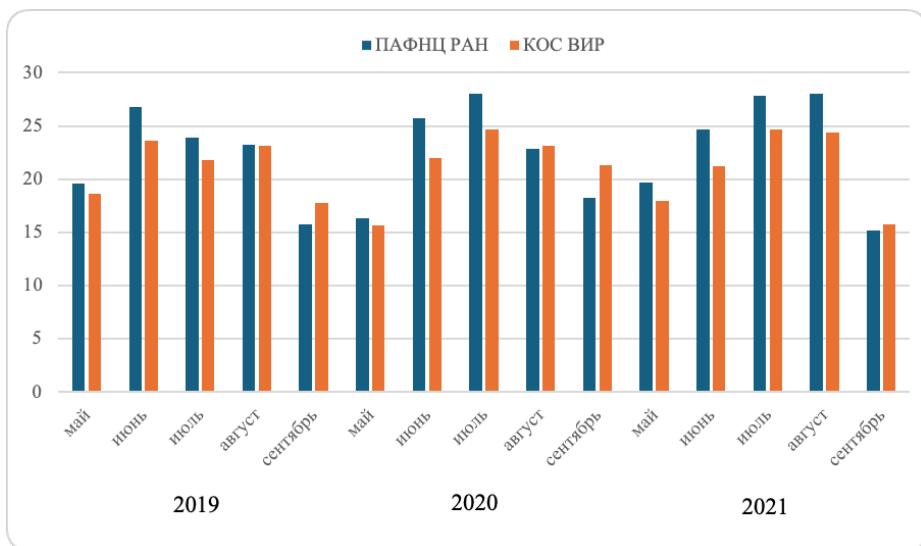


Рисунок 1

Средние месячные температуры (°C) в период вегетации в ПАФНЦ и КОС ВИР в 2019–2021 гг.

Figure 1

Average monthly temperatures above (°C) during the vegetation period at ПАФНЦ (=Caspian Agrarian Federal Scientific Center of RAS) and КОС ВИР (=Kuban Experimental Station of VIR) in 2019–2021

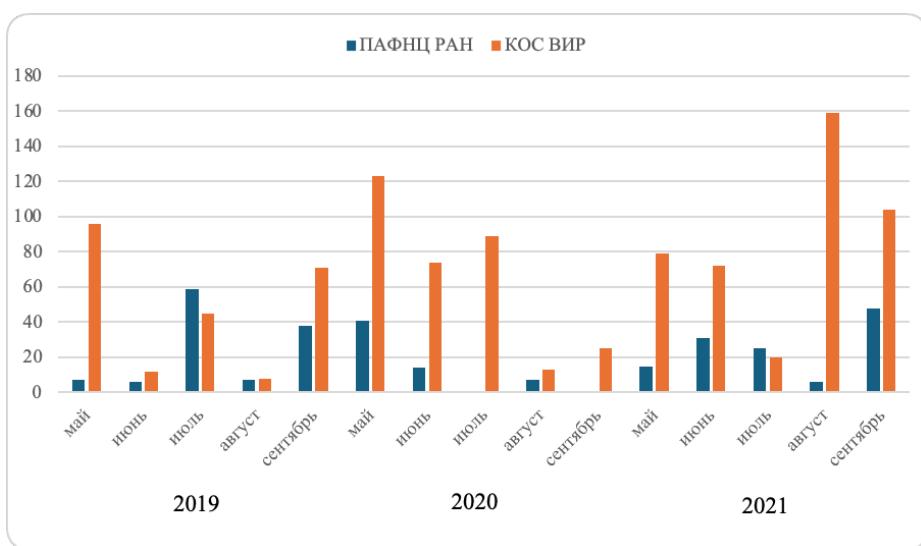


Рисунок 2

Сумма осадков в период вегетации на КОС ВИР и ПАФНЦ РАН в 2019–2021 гг., мм

Figure 2

Precipitation total during the vegetation period during the vegetation period at ПАФНЦ (=Caspian Agrarian Federal Scientific Center of RAS) and КОС ВИР (=Kuban Experimental Station of VIR) in 2019–2021, mm

Таблица 2

Результаты оценки биологических и хозяйствственно ценных признаков образцов к-2064 и 'Отрадокубанский' (к-1987) за 2019–2021 гг.

Table 2

Results of the assessment of biological and economically valuable traits of к-2064 and 'Otradokubansky' (к-1987) in 2019–2021

№ каталога ВИР / VIR catalogue number	Год / Year	ПАФНЦ РАН					КОС ВИР				
		Дп → Вс	Вс → Цв	M ₁₀₀₀ сем	M ₁₀₀₀ боб	Лузж	Дп → Вс	Вс → Цв	M ₁₀₀₀ сем	M ₁₀₀₀ боб	Лузж
к-1987	2019	12	30	693	1176	32,8	22	21	-	-	-
к-2064		12	28	739	1365	25,3	22	21	-	-	-
к-1987	2020	20	26	786	1140	31,1	27	25	589	1636	34,2
к-2064		20	24	710	1268	26,7	25	28	776	2241	31,2
к-1987	2021	11	36	751	1148	34,6	14	32	696	2170	33,6
к-2064		26	24	701	968	27,6	13	29	821	1946	27,4

Примечание: Дп → Вс – число дней от посева до всходов, сутки; Вс → Цв – число дней от всходов до цветения, сутки; M₁₀₀₀ сем – масса 1000 семян, г; M₁₀₀₀ боб – масса 1000 бобов, г; Лузж – лузжистость, %.

Note: ПАФНЦ РАН – Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences; КОС ВИР – Kuban Experimental Station of VIR; Дп → Вс – Number of days from sowing to emergence, days; Вс → Цв – Number of days from seedlings to flowering, days; M₁₀₀₀ сем – Thousand-seed weight, g; M₁₀₀₀ боб – Thousand-pod weight, g; Лузж – Hull content, %.

Методика проведения опытов

Посев осуществлялся в мае, при температуре пахотного слоя 14–15°, лущеными семенами на глубину 5 см, междуурядье шириной 70 см. В период цветения проводилось рыхление, окучивание и прополка. Уборка проводилась в сентябре, в сухую погоду.

Оценка морфологических и хозяйствственно ценных признаков проводилась согласно классификатору вида *Arachis hypogaea*² и методическим указаниям³. Оценивали следующие биологические и хозяйствственно ценные признаки: длительность вегетационного периода, характеристики продуктивности и вызреваемости (таблица 2).

Как было установлено ранее В. Бемовой и соавторами, наиболее стабильным признаком у арахиса, в большей мере зависящим от генотипа, является масса 1000 семян, и при выведении новых высокопродуктивных сортов необходимо обращать внимание на данный признак [22]. Исходя из результатов эколого-географических испытаний был выделен образец к-2064 с лучшими характеристи-

ками, который использовали для создания линии № 2064/5 и сорта 'Виктория'.

Изучение содержания белка, масла и состава жирных кислот семян сортов 'Отрадокубанский' и 'Виктория', выращенных на КОС ВИР, проводили в отделе биохимии и молекулярной биологии ВИР. Содержание жирных кислот в масле определяли с помощью газовой хроматографии, сопряженной с масс-спектрометрией на приборе Agilent 6850A (США). Метиловые эфиры жирных кислот разделяли на колонке Omegawax TM 250 (полиэтиленгликоль, 30,0 мкм, 250,00 мкм, 0,25 мкм; США) при нагревании от 170 до 220 °C со скоростью нагрева 3 °C/мин; объем вводимой пробы составлял 0,5 мкл, скорость потока гелия – 1,5 мл/мин [23]. Содержание белка определяли по методу Кельдаля. Общее содержание белка рассчитывали по содержанию азота с использованием коэффициента 5,5. В качестве катализатора использовали препарат Kjeltabs Foss (Hoganas, Швеция)⁴.

Для создания гербария сорта арахиса 'Виктория' на опытных делянках КОС ВИР был отобран растительный материал. На гербарном листе смонтирова-

² Вахрушева Т.Е., Иваненко Е.Н. Классификатор вида *Arachis hypogaea* L. (Арахис подземный или земляной орех). Ленинград : ВИР;1985. 20 с.

³ Вахрушева Т.Е. Изучение коллекции арахиса (*Arachis hypogaea* L.) : методические указания. Санкт-Петербург : ВИР;1995. 27 с.

⁴ Ермаков А.И., Арасимович В.В., Ярош Н.П., Перуанский Ю.В., Луковникова Г.А., Иконникова М.И. Методы биохимического исследования растений / под ред. А.И. Ермакова. 3-е изд. Ленинград : Агропромиздат; 1987. 36 с.

Таблица 3

Результаты испытания образцов арахиса линия № 2064/5 и 'Отрадокубанский' (к-1987) на КОС ВИР в 2022–2023 гг.

Table 3

Results of trials of line № 2064/5 and к-1987 ('Otradokubansky') in КОС ВИР (=Kuban Experimental Station of VIR) in 2022–2023

Образец / Sample	Вызреваемость, % / Maturity, %	CV вызреваемости, % / CV Maturity, %	Продуктивность, г / Yield, g	CV продуктивности, % / CV Yield, %	Число вызревших бобов с растения, шт. / Pods per plant
2022 г.					
к-1987	61,08±2,88	25,83	48,43±5,16	58,45	21,8
№ 2064/5	77,61±3,07	21,68	43,03±2,88	36,74	23,7
2023 г.					
к-1987	72,16±2,00	10,41	60,92±3,97	24,41	54,30
№ 2064/5	77,08±1,70	12,10	59,92±2,22	20,35	38,71

но растение в состоянии цветения, плодоношения, зрелые бобы и семена. Все образцы, использованные для гербария, являются растениями, выращенными из одной навески семян. Гербаризацию растений осуществляли в соответствии с методическими указаниями⁵. Оформление гербария проводили в соответствии с рекомендациями Международного кодекса номенклатуры культурных растений⁶.

Гербарный лист, назначенный номенклатурным стандартом, заверен подписью эксперта, подтверждающего аутентичность представленного растения (В.Д. Бемова).

Статистический анализ

Обработку и анализ данных проводили с использованием программы *Microsoft Office Excel*, версия 365: 2002 (16.0.12527.20278). Сравнение средних значений проводили с использованием методов описательной статистики. Все вычисления выполнялись в *Excel* с использованием встроенных функций.

Для оценки вариабельности признаков рассчитывали коэффициент вариации (CV), который выражается в процентах и определяется по формуле

$$CV = \frac{\text{СТАНДОТКЛОН}}{\text{СРЗНАЧ}} \times 100$$

где СТАНДОТКЛОН – это стандартное отклонение; СРЗНАЧ – это среднее значение.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе селекционной работы на КОС ВИР в 2022–2023 гг. были проведены испытания линии № 2064/5 (таблица 3).

По вызреваемости семян линия № 2064/5 превосходит стандарт, а по продуктивности не уступает ему и демонстрирует невысокую вариабельность признака. Признак вызреваемости важен для возделывания арахиса, так как при выращивании в условиях юга России не все завязавшиеся бобы успешно созревают. Долгий период вегетации делает растения уязвимыми к недостатку влаги и другим неблагоприятным условиям. Так, ранее было установлено, что избыточные осадки при выращивании на КОС могут способствовать меньшей вызреваемости бобов [22]. Полученные нами данные подтверждают, что признак вызреваемости взаимосвязан с признаком продолжительности вегетационного периода, и при неблагоприятных условиях эта зависимость усиливается [24]. Также установлено, что урожайность увеличивается у сортов арахиса, имеющих более короткий вегетационный период [25]. Период вегетации сорта 'Виктория' составляет 117 дней, что оптимально для юга России. Не менее значимым в нашем исследовании оказался признак продуктивности, который свидетельствует о высокой эффективности использования растением водных ресурсов для формирования семян [12].

⁵ Белозор Н.И. Гербаризация культурных растений : метод. указания. Л. : Изд-во ВИР, 1989. 54 с.

⁶ Международный кодекс номенклатуры культурных растений = International Code of Nomenclature for Cultivated Plants. Ч. 3–6, прил. 1–9 / пер. с англ. И.Г. Чухиной, С.Р. Миахтаковой, В.И. Дорофеева // Vavilovia. 2022. Т. 5. № 1. С. 41–70.

Важно отметить, что высокая стабильность признаков вызреваемость и продуктивность в условиях жаркого климата делает новый сорт ценным для засушливых регионов, что согласуется с глобальными направлениями селекции арахиса на устойчивость к абиотическим стрессам [7; 10]. В результате было принято решение зарегистрировать полученную линию в качестве сорта 'Виктория'.

Для оценки пищевых качеств семян сорта проведен биохимический анализ. Для арахиса характерно преобладание линолевой и олеиновой кислот в составе масла. При этом высокое содержание олеиновой кислоты предпочтительнее для пищевого использования, так как оно менее уязвимо при окислении. По данным исследований, содержание масла и олеиновой кислоты у масличных культур может существенно снижаться при сильном водном дефиците по сравнению с нормальными условиями, а разнообразный жирнокислотный состав свидетельствует о высокой адаптации сорта к засушливым условиям. На жирнокислотный состав влияет время сбора урожая, количество полиненасыщенных жирных кислот, таких как линоленовая, уменьшается по мере созревания, поэтому возделывание сортов с коротким вегетационным периодом предпочтительнее для получения масла высокого качества [26; 27]. По содержанию масла и его жирнокислотному составу сорт 'Виктория' сходен с сортом-стандартом, а по содержанию белка несколько превосходит 'Отрадокубанский' (таблица 4). Засушливые условия могут отрицательно влиять на биохимический состав масла, именно поэтому столь важна оценка содержания олеиновой и линолевой жирных кислот [10]. Повышенное содержание протеина усиливает питательную ценность нового сорта, что является ответом на растущий потребительский спрос на продукты с высоким содержанием растительного белка [1].

Таблица 4

Содержание белка, масла и жирных кислот в семенах сортов 'Отрадокубанский' и 'Виктория', %

Table 4

Protein, oil and fatty acids content in seeds of the cultivars 'Otradokubansky' and 'Viktoriya', % of weight

Сорт / Cultivar	Содержание белка / Protein content	Содержание масла / Oil content	Олеиновая кислота (C18:1) / Oleic acid (C18:1)	Линолевая кислота (C18:2) / Linoleic acid (C18:2)
'Отрадокубанский' / 'Otradokubansky'	21,5	40,7	32,1	28,4
'Виктория' / 'Viktoriya'	25,6	41,6	29,0	28,0

Кроме олеиновой и линолевой в семенах сорта в небольших количествах содержатся пальмитиновая, стеариновая, бегеновая, арахиновая, лигноцериновая, линоленовая, эйкозеновая, миристиновая и пальмитолеиновая кислоты. Сорт демонстрирует разнообразие жирнокислотного профиля: в малом количестве были обнаружены маргариновая, лауриновая, вакценовая, эйкозадиеновая, докозадиеновая, нервоновая, церотиновая и монтановая кислоты.

Сформировавшийся крупносемянный сорт 'Виктория' обладает рядом морфобиологических особенностей и хозяйственными ценных признаков. Ниже приводится описание сорта.

Крупносемянный сорт арахиса 'Виктория', предназначенный для кондитерского использования, создан совместно сотрудниками ВИР и КОС ВИР. Сорт получен путем индивидуального отбора лучших типичных растений из образца к-2064. Отличается быстрым переходом к цветению и стабильно формирует крупные бобы и семена. Сорт 'Виктория' характеризуется типичным для арахиса проявлением морфологических признаков. Взрослое растение имеет кустовую форму, пригодно для механизированной уборки; стебель выраженный, высотой около 45 см с опушением белого цвета, антоциановая окраска отсутствует. Листья сложные темно-зеленые, листочки эллиптические, мелкие, цельнокрайние. Прилистники линейно-ланцетные, мелкие, светло-зеленые (рисунок 3). Цветки пазушные, крупные, оранжево-желтой окраски, чашечка короткозубчатая, светло-зеленая, опушение слабое. Боб крупный, коконообразный, перехват невыраженный, поверхность боба ячеистая, светло-желтая. Среднее число бобов на растении 34,5 шт., максимальное 58 шт. (рисунок 4). Семя крупное (около 15 мм в длину), удлиненное, розовато-коричневое, с гладкой поверхностью.

**Рисунок 3**

Растение во время цветения

Источник: автор фото В. Д. Бемова 6.07.2023, КОС ВИР

Figure 3

Flowering plant

Source: photo by V.D. Bemova 6.07.2023, Kuban Experimental Station of VIR

**Рисунок 4**

Растение с развивающимися бобами

Источник: автор фото В. Д. Бемова, 01.08.2023, КОС ВИР

Figure 4

Plant with beans

Source: photo by V.D. Bemova 6.07.2023, Kuban Experimental Station of VIR

Кустовая форма растений сорта и их устойчивость к полеганию обеспечивают возможность механизированной уборки, что позволит уменьшить затраты труда и повысить рентабельность выращивания сорта в условиях крупных сельхозпредприятий. Крупный размер семян и светлая окраска семенной кожуры предпочтительнее для пищевого использования [14]. Таким образом, представленные результаты демонстрируют, что новый сорт 'Виктория' адаптирован к локальным почвенно-климатическим условиям и обладает конкурентными хозяйствственно цennыми признаками по сравнению с существующим стандартом.

Название сорта 'Виктория' символизирует победу. Сорт зарегистрирован в государственном реестре сортов и гибридов сельскохозяйственных растений, допущенных к использованию (получен патент № 13872 от 30.09.2024) и допущен к возделыванию в Северо-Кавказском и Нижневолжском регионах.

В качестве номенклатурного стандарта сорта оформлен гербарный образец арахиса сорта 'Виктория'. Транслитерацию названия проводили по системе ISO 9:1995⁷. Далее цитируется этикетка гербарного образца, назначенного номенклатурным стандартом. Гербарий смонтирован на одном гербарном листе (рисунок 5).

Arachis hypogaea L. 'Виктория' – 'Viktoriya'.

Nomenclatural standard. Происхождение и репродукция: Кубанская опытная станция – филиал ВИР. Авторы: Бемова В.Д., Гаврилова В.А., Елацков Ю.А., Кишлян Н.В., Якушева Т.В. 08.07.2022 (растение с цветками), 15.07.2022 (корни и гинофоры с бобами), 10.10.2022 (плоды и семена). Собрали: Варганова И.В., Якушева Т.В. Определили: Якушева Т.В., Гаврилова В.А. – Origin and reproduction: Kuban Experiment Station – branch of VIR. Authors: Bemova V.D., Gavrilova V.A., Elatskov Yu.A., Kishlyan N.V., Yakusheva T.V. 08.07.2022 (flowering plant), 15.07.2022 (roots and gynophores with fruits), 10.10.2022 (fruits and seeds). Collectors: Varganova I.V., Yakusheva T.V. Identified by: Yakusheva T.V., Gavrilova V.A. к-2064. **WIR-109339**

⁷ ГОСТ 7.79-2000 (ISO 9-1995). Межгосударственный стандарт. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Правила транслитерации кирилловского письма латинским алфавитом. Москва : Издательство стандартов; 2002. 20 с.

**Рисунок 5**

Номенклатурный стандарт арахиса сорта 'Виктория', (WIR-109339)

Источник: база данных «Гербарий ВИР»

Figure 5

Nomeclatural standard of Peanut cv. 'Viktoriya', (WIR-109339)

Source: Herbarium WIR data base

Вклад авторов

В. Д. Бемова: отбор данных, администрирование проекта, формальный анализ, исследование, написание – черновик, написание – рецензирование и редактирование.

В. А. Гаврилова: концептуализация, методология, администрирование проекта, руководство, написание – рецензирование и редактирование.

Т. В. Якушева: исследование, ресурсы.

И. В. Варганова: формальный анализ, отбор данных, визуализация, написание – черновик, написание – рецензирование и редактирование, ресурсы.

Н. В. Лебедева: написание – рецензирование и редактирование, ресурсы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты селекционной работы на основе эколого-географических испытаний позволили выявить перспективные генотипы в качестве исходного материала для селекции. Полученный крупносемянный сорт 'Виктория' характеризуется высокой стабильностью проявления хозяйственно ценных признаков и адаптирован к засушливым условиям юга России. Результаты исследования сорта подтверждают возможность его использования в сельскохозяйственном производстве. Номенклатурный стандарт сорта передан на хранение в Гербарий культурных растений мира, их диких родичей и сорных растений (WIR), в Национальный центр генетических ресурсов растений.

Contributions

V. D. Bemova: data curation, project administration, formal analysis, investigation, writing-original draft, writing-review & editing.

V. A. Gavrilova: conceptualization, methodology, project administration, supervision, writing-review & editing.

T. V. Yakusheva: investigation, resources.

I. V. Varganova: formal analysis, visualization, writing-original draft, writing-review & editing, resources.

N. V. Lebedeva: writing-review & editing, resources.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ/REFERENCES

1. Liu Y., Liu K., Zhao Y. Effect of storage conditions on the protein composition and structure of peanuts. *ACS Omega*. 2022;7(25):21694-21700. <https://doi.org/10.1021/acsomega.2c01680>
2. Ballén-Taborda C., Chu Y., Ozias-Akins P. et al. Development and genetic characterization of peanut advanced backcross lines that incorporate root-knot nematode resistance from *Arachis stenosperma*. *Frontiers in Plant Science*. 2022;12. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.785358>
3. Zhao H., Tian R., Xia H. et al. High-density genetic variation map reveals key candidate loci and genes associated with important agronomic traits in peanut. *Frontiers in Genetics*. 2022;13:1-11. <https://doi.org/10.3389/fgene.2022.845602>
4. Yin D. Utilization approaches of wild peanut resources. *Henan Agricultural Sciences*. 1999;2: 9-11.
5. Brown N., Branch W.D., Johnson M. et al. Genetic diversity assessment of Georgia peanut cultivars developed during ninety years of breeding. *Plant Genome*. 2021;14:e20141. <https://doi.org/10.1002/tpg2.20141>
6. Okaron V., Mwololo J., Gimode D. et al. Using cross-country datasets for association mapping in *Arachis hypogaea* L. *The Plant Genome*. 2024;17. <https://doi.org/10.1002/tpg2.20515>
7. Gelaye Y., Luo H. Optimizing peanut (*Arachis hypogaea* L.) production: Genetic insights, climate adaptation and efficient management practices: Systematic Review. *Plants*. 2024;13. <https://doi.org/10.3390/plants13212988>
8. Wang F., Miao H., Zhang S. et al. Identification of a new major oil content QTL overlapped with FAD2B in cultivated peanut (*Arachis hypogaea* L.). *Plants*. 2025;14(4):615. <https://doi.org/10.3390/plants14040615>
9. Chamberlin K.D., Bennett R.S., Duffeck R.M. Breeding for sclerotinia blight resistance on peanut in the U.S.: A review. *Agronomy*. 2025;15(3):549. <https://doi.org/10.3390/agronomy15030549>
10. Puppala N., Nayak S.N., Sanz-Saez A. et al. Sustaining yield and nutritional quality of peanuts in harsh environments: Physiological and molecular basis of drought and heat stress tolerance. *Frontiers in Genetics*. 2023;14. <https://doi.org/10.3389/fgene.2023.1121462>
11. Gelaye Y. Integrated breeding, genomics, and epigenetic approaches enhance aflatoxin resistance in peanut (*Arachis hypogaea* L.) under pathogen and climate stress. *Vegetos*. 2025. <https://doi.org/10.1007/s42535-025-01546-x>
12. Zhen X., Zhang Q., Sanz-Saez A. et al. Simulating drought tolerance of peanut varieties by maintaining photosynthesis under water deficit. *Field Crops Research*. 2022;287:108650. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2022.108650>
13. Pandey M.K., Monyo E., Ozias-Akins P. et al. Advances in *Arachis* genomics for peanut improvement. *Biotechnology Advances*. 2012;30:639-651. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2011.11.001>
14. Barkley N.A., Upadhyaya H.D., Liao B. et al. Global resources of genetic diversity in peanut // Stalker H.T., Wilson R.F. (Eds.). *Peanuts: Genetics, processing and utilization*. London, UK: Academic Press and AOCS Press. 2016:67-109. <https://doi.org/10.1016/B978-1-63067-038-2.00003-4>
15. Bertioli D.J., Godoy I.J., Stalker H.T. et al. Legacy genetics of *Arachis cardenasi* in the peanut crop shows the profound benefits of international seed exchange. *PNAS*. 2021;118(38):e2104899118. <https://doi.org/10.1073/pnas.2104899118>
16. Закшевский В.Г., Аллахвердиев А.И., Аскеров П.Ф. и др. Экспорт и импорт орехов в России. *Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве*. 2024;6(112):3-10. <https://doi.org/10.33938/246-3>
Zakshevskii V.G., Allahverdiyev A.I., Askerov P.F. et al. Export and import of nuts in Russia. *Economics, Labor, Management in Agriculture*. 2024;6(112):3-10. (In Russ.). <https://doi.org/10.33938/246-3>
17. Бемова В.Д., Асфандиярова М.Ш., Якушева Т.В. и др. Эколого-географическое изучение образцов арахиса коллекции ВИР. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2023;184(3):79-89. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2023-3-79-89>

- Bemova V.D., Asfandiyarova M.Sh., Yakusheva T.V. et al. Ecogeographic study of peanut accessions from the VIR collection. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2023;184(3):79-89. (In Russ.). <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2023-3-79-89>
18. Лузина З.А. Арахис. Москва, Ленинград : Сельхозгиз; 1954;134. Luzina Z.A. *Peanut (Arachis)*. Moscow; Leningrad : Selkhozgiz; 1954;134. (In Russ.).
19. Обыдало Д.И., Огаркова И.А. *Арахис: из тропиков – в умеренные широты* // История научных исследований во ВНИИМК за 90 лет. Краснодар; 2002.88-94. Obydalo D.I., Ogarkova I.A. *Istoriya nauchnykh Peanuts: from the tropics to temperate latitudes* // History of scientific research at VNIIMK for 90 years. Krasnodar. 2002. 88-94. (In Russ.).
20. Лукомец В.М., Бочкарев Н.И., Трунова М.В. ВНИИМК – 110 лет на страже масличной отрасли России. *Масличные культуры*. 2022;1(189):97-102. <https://doi.org/10.25230/2412-608X-2022-1-189-97-102>
- Lukomets V.M., Bochkaryov N.I., Trunova M.V. 110 Anniversary of V.S. Pustovoit. *Oil Crops*. 2022;1(189):97102. (In Russ.). <https://doi.org/10.25230/2412-608X-2022-1-189-97-102>
21. Гавриленко Т.А., Чухина И.Г., Антонова О.Ю. и др. Развитие Комплексной стратегии регистрации сортового генофонда в генбанках – совершенствование методов генетической паспортизации и сортовой идентификации. *Биотехнология и селекция растений*. 2025;8(2):48-62. <https://doi.org/10.30901/2658-6266-2025-2-06>
- Gavrilenko T.A., Chukhina I.G., Antonova O.Yu. et al. Development of integrated strategy for registration of cultivar gene pools in genebanks – improving methods of genetic profiling and cultivar identification. *Plant Biotechnology and Breeding*. 2025;8(2):48-62. (In Russ.). <https://doi.org/10.30901/2658-6266-2025-2-06>
22. Бемова В.Д., Якушева Т.В., Асфандиярова М.Ш. и др. Изменчивость продуктивности образцов арахиса (*Arachis hypogaea* L.) при эколого-географическом испытании. *Экологическая генетика*. 2023;21(2):155-165. <https://doi.org/10.17816/ecogen340801>
- Bemova V.D., Yakusheva T.V., Asfandiyarova M.Sh. et al. Variability in the productivity of peanut accessions (*Arachis hypogaea* L.) at ecological-geographical testing. *Ecological genetics*. 2023;21(2):155-165. (In Russ.). <https://doi.org/10.17816/ecogen340801>
23. Shelenga T.V., Piskunova T.M., Malyshev L.L. et al. Seed oil biochemical composition of cultivated *Cucurbita* L. species from the VIR collections grown in the Astrakhan province of the Russian Federation. *Agronomy*. 2020;10:1491. <https://doi.org/10.3390/agronomy10101491>
24. Бемова В.Д., Пороховинова Е.А., Якушева Т.В. и др. Взаимосвязь признаков арахиса (*Arachis hypogaea* L.) и уровня экспрессии гена кукумопин-синтазы. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2025;186(2):79-91. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2025-2-79-91>
- Bemova V.D., Porokhovinova E.A., Yakusheva T.V. et al. Interaction between plant characters in peanut (*Arachis hypogaea* L.) and the expression level of the cucumopine synthase gene. *Proceedings on Applied Botany, Gene tics and Breeding*. 2025;186(2):79-91. (In Russ.). <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2025-2-79-91>
25. Сейидалиев Н.Я., Намазова Р.В. Влияние технологий возделывания на структурные показатели арахиса. *Бюллетень науки и практики*. 2022;8(4):184-191. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/77/21>
- Seyidaliev N.Ya., Namazova R.V. Influence of cultivation technologies on the structural indicators of peanuts. *Bulletin of Science and Practice*. 2022;8(4):184-191. (In Russ.). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/77/21>
26. Seleiman M.F., Refay Y., Al-Suhaibani N. et al. Integrative effects of rice-straw biochar and silicon on oil and seed quality, yield and physiological traits of *Helianthus annuus* L. grown under water deficit stress. *Agronomy*. 2019;9(10):637. <https://doi.org/10.3390/agronomy9100637>
27. Salamatullah A.M., Alkaltham M.S., Özcan M.M. et al. Effect of maturing stages on bioactive properties, fatty acid compositions, and phenolic compounds of peanut (*Arachis hypogaea* L.) kernels harvested at different harvest times. *Journal of Oleo Science*. 2021;70(4):471-478. <https://doi.org/10.5650/jos.ess20320>

Сведения об авторах

Бемова Виктория Дмитриевна –

младший научный сотрудник отдела генетических ресурсов масличных и прядильных культур, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия

<https://orcid.org/0000-0002-9574-0356>

SPIN-код: 7086-1840

viktoria.bemova@yandex.ru

Гаврилова Вера Алексеевна –

доктор биологических наук, главный научный сотрудник отдела генетических ресурсов масличных и прядильных культур, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия

<https://orcid.org/0000-0002-8110-9168>

SPIN-код: 6835-8852

v.gavrilova@vir.nw.ru

Якушева Тамара Владимировна –

младший научный сотрудник отдела генетических ресурсов масличных и прядильных культур, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова, Кубанская опытная станция – филиал ВИР, пос. Ботаника, Краснодарский край, Россия

<https://orcid.org/0000-0002-2661-2377>

SPIN-код: 4016-5033

kos-vir@yandex.ru

Варганова Ирина Викторовна –

младший научный сотрудник отдела агроботаники и *in situ* сохранения генетических ресурсов растений, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия

<https://orcid.org/0000-0002-5054-6410>

PIN-код: 7826-5435

i.varganova@vir.nw.ru

Лебедева Наталья Васильевна –

младший научный сотрудник отдела агроботаники и *in situ* сохранения генетических ресурсов растений, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия

<https://orcid.org/0009-0007-6184-0598>

SPIN-код: 4880-6787

n.lebedeva@vir.nw.ru

About the authors

Viktoria D. Bemova –

Associate Researcher, Department of Genetic Resources of Oilseeds and Fiber Crops
N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia

<https://orcid.org/0000-0002-9574-0356>

bemova@yandex.ru

Vera A. Gavrilova –

Dr. Sci. (Biology), Chief Researcher of the Department of Genetic Resources of Oilseeds and Fiber Crops, N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia

<https://orcid.org/0000-0002-8110-9168>

v.gavrilova@vir.nw.ru

Tamara V. Yakusheva –

Associate Researcher, Department of Genetic Resources of Genetic Resources of Oilseeds and Fiber Crops, N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, Kuban Experiment Station – branch of VIR, Botanika Settlem., Krasnodar Krai, Russia

<https://orcid.org/0000-0002-2661-2377>

kos-vir@yandex.ru

Irina V. Varganova –

Associate Researcher, Department of Agrobotany and *In Situ* Conservation of Plant Genetic Resources, N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia

<https://orcid.org/0000-0002-5054-6410>

i.varganova@vir.nw.ru

Natalia V. Lebedeva –

Associate Researcher, Department of Agrobotany and *In Situ* Conservation of Plant Genetic Resources, N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia

<https://orcid.org/0009-0007-6184-0598>

n.lebedeva@vir.nw.ru

ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ ПУБЛИКАЦИЙ В ЖУРНАЛЕ «Аграрный вестник Северного Кавказа»

Журнал «Аграрный вестник Северного Кавказа» является рецензируемым научным журналом открытого доступа. Предметное поле журнала охватывает широкий круг вопросов, связанных с устойчивым развитием сельского хозяйства, включая ветеринарную медицину, селекцию и генетику животных, технологии кормления и производства продукции животноводства, инновационные разработки в области агроэкологии, агрохимии, почвоведения и земледелия.

Публикация статей и обзоров в журнале «Аграрный вестник Северного Кавказа» является бесплатной.

Подача рукописи в журнал «Аграрный вестник Северного Кавказа» осуществляется через электронную редакцию, благодаря чему авторы могут подавать рукописи электронным способом и отслеживать динамику редакционного цикла. Статьи принимаются на русском и английском языках. Журнал следует политике открытого доступа к публикациям, все содержимое журнала доступно для пользователей бесплатно. Для обеспечения качества публикуемых материалов в журнале установлены жесткие этические требования к рукописям.

Журнал зарегистрирован в перечне Высшей аттестационной комиссии рецензируемых научных изданий (2 категории), в которых должны быть опубликованы результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук и ученой степени доктора наук, по следующим специальностям:

- 4.1.1. Общее земледелие и растениеводство (сельскохозяйственные и биологические науки);
- 4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений (биологические, сельскохозяйственные и химические науки);
- 4.2.1. Патология животных, морфология, физиология, фармакология и токсикология (биологические и ветеринарные науки);
- 4.2.2. Санитария, гигиена, экология, ветеринарно-санитарная экспертиза и биобезопасность (биологические и ветеринарные науки);
- 4.2.3. Инфекционные болезни и иммунология животных (биологические и ветеринарные науки);
- 4.2.4. Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов и производства продукции животноводства (биологические, сельскохозяйственные и технические науки);
- 4.2.5. Разведение, селекция, генетика и биотехнология животных (биологические и сельскохозяйственные науки).

Периодичность выпуска журнала (с 2011 г.) – 4 номера в год.

Предыдущее название: «Вестник АПК Ставрополья» (ISSN 2222-9345)

Сайт: www.vapk26.ru

E-mail: vapk@stgau.ru

Аграрный вестник Северного Кавказа / Agrarian Bulletin of the North Caucasus

Журнал «Вестник АПК Ставрополья / Bulleti of Agro-industrial complex of Stavropol Region»
перерегистрирован в «Аграрный вестник Северного Кавказа / Agrarian Bulletin of the North Caucasus»
в связи с изменением названия СМИ.

ISSN 2949-4796

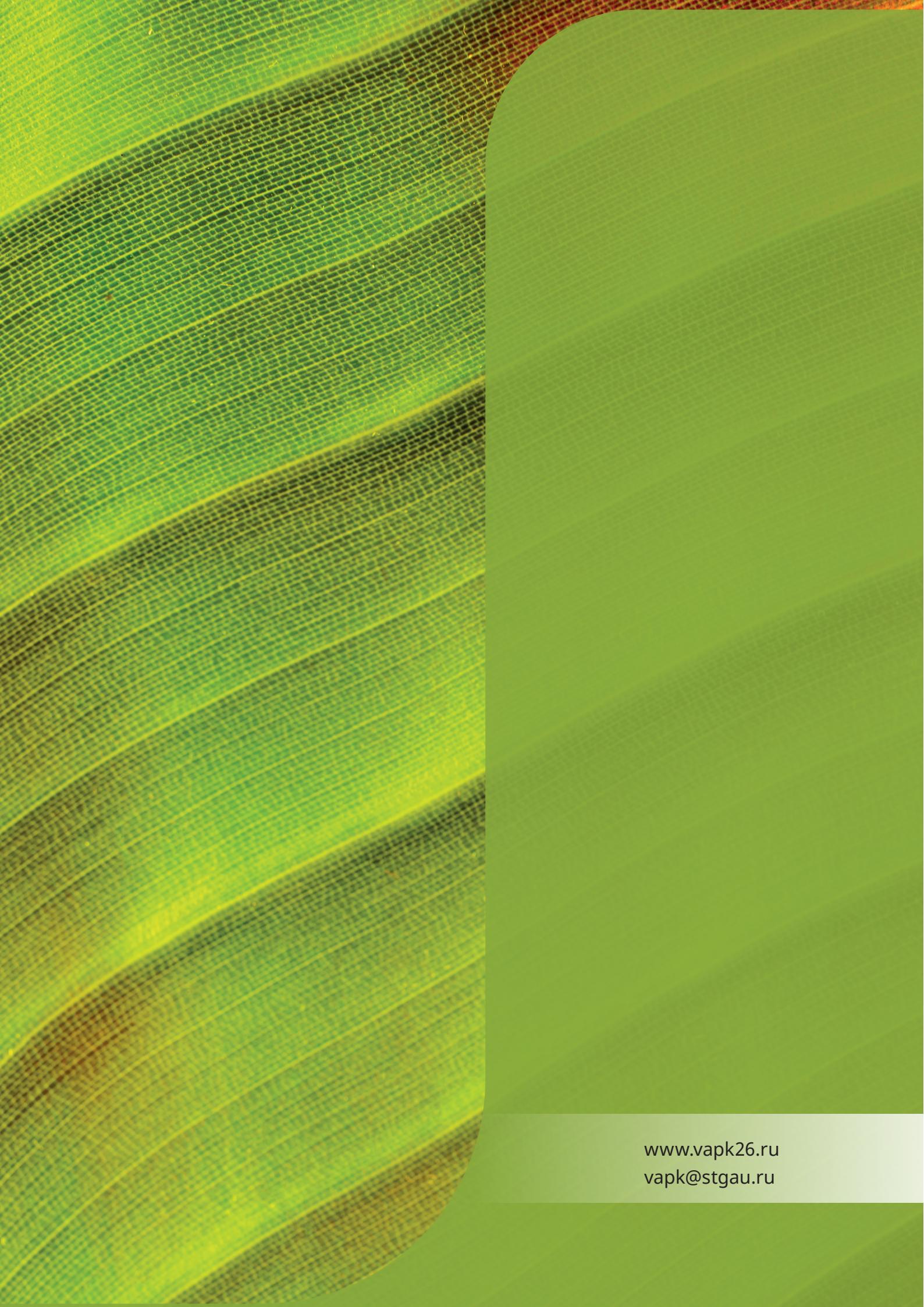
Издатель ФГБОУ ВО Ставропольский ГАУ
г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, 12.

Публикуется в авторской редакции

Подписано в печать 25.12.2025. Дата выхода в свет 26.12.2025.
Формат 60x84¹/₈. Бумага офсетная. Гарнитура «Verdana». Печать офсетная.
Усл. печ. л. 12,09. Тираж 300 экз. Заказ № 564.

Отпечатано в типографии ИПК СтГАУ «АГРУС», г. Ставрополь, ул. Пушкина, 15.

СВОБОДНАЯ ЦЕНА



www.vapk26.ru
vapk@stgau.ru