

ISSN 2949-4796

Аграрный вестник Северного Кавказа

Научный журнал

Agrarian Bulletin of the North Caucasus



Том 15, № 2
Vol. 15, No 2 **2025**



Аграрный вестник Северного Кавказа

15(2) 2025

НАУЧНО- ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Издается с 2011 года,
4 раза в год.

Учредитель:
ФГБОУ ВО Ставропольский ГАУ.

Территория
распространения:
Российская Федерация,
зарубежные страны.

Зарегистрирован
в Федеральной службе
по надзору в сфере связи,
информационных технологий
и массовых коммуникаций
ПИ № ФС77-85520
от 11 июля 2023 г.

Журнал включен в Перечень
ведущих рецензируемых
научных журналов и изданий,
в которых должны быть
опубликованы основные
научные результаты
диссертаций на соискание
ученой степени доктора
и кандидата наук.

Журнал зарегистрирован
в Научной библиотеке в базе
данных РИНЦ на основании
лицензионного договора
№ 188-09 / 2023 R
от 14 сентября 2023 г.

Главный редактор:
Квочко А. Н.

Ответственный редактор:
Самойленко И. В.

Технический редактор:
Рязанова М. Н.
Корректор:
Шулякова Е. А.

Тираж: 300 экз.

Адрес редакции:
355017, г. Ставрополь,
пер. Зоотехнический, 12
Телефон (8652)31-59-00
(доп. 1167 в тон. режиме);
Факс: (8652) 71-72-04
E-mail: vapk@stgau.ru
WWW-страница: www.vapk26.ru

Подписной индекс
в «Объединённый каталог.
ПРЕССА РОССИИ.
Газеты и журналы»: 383308

Главный редактор

Квочко Андрей Николаевич

доктор биологических наук, профессор, профессор РАН, заведующий кафедрой физиологии, хирургии и акушерства ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет» (г. Ставрополь, Российская Федерация)

Заместитель главного редактора

Гречишкина Юлия Ивановна

доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры агрохимии и физиологии растений ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет» (г. Ставрополь, Российская Федерация)

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Белова Лариса Михайловна, доктор биологических наук, профессор, заведующая кафедрой паразитологии имени В. Л. Якимова ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургская государственная академия ветеринарной медицины» (г. Санкт-Петербург, Российская Федерация)

Гулюкин Михаил Иванович, академик РАН, доктор ветеринарных наук, профессор, заведующий лабораторией лейкологии ФГБНУ ФНЦ «Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии имени К. И. Скрябина и Я. Р. Коваленко РАН», заслуженный деятель науки Российской Федерации (г. Москва, Российская Федерация)

Епимахова Елена Эдуартовна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры частной зоотехнии, селекции и разведения животных ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет» (г. Ставрополь, Российская Федерация)

Есаулко Александр Николаевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор РАН, профессор кафедры агрохимии и физиологии растений, декан факультетов агробиологии и земельных ресурсов, экологии и ландшафтной архитектуры ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет» (г. Ставрополь, Российская Федерация)

Злыднев Николай Захарович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры кормления животных и общей биологии ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет» (г. Ставрополь, Российская Федерация)

Ильина Лариса Александровна, доктор биологических наук, профессор кафедры крупного животноводства, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», начальник молекулярно-генетической лаборатории ООО «БИОТРОФ» (г. Санкт-Петербург, Российская Федерация)

Кочиш Иван Иванович, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой зооигиены и птицеводства им. А. К. Даниловой, ФГБОУ ВО «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии им. К. И. Скрябина» (г. Москва, Российская Федерация)

Кощаев Андрей Георгиевич, академик РАН, доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры биотехнологии, биохимии и биофизики, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет им. И. Т. Трубилина» (г. Краснодар, Российская Федерация)

Морозов Виталий Юрьевич, доктор ветеринарных наук, доцент, ректор, заведующий кафедрой крупного животноводства ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет» (г. Санкт-Петербург, Российская Федерация)

Ожередова Надежда Аркадьевна, доктор ветеринарных наук, профессор, заведующая кафедрой эпизоотологии и микробиологии ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет» (г. Ставрополь, Российская Федерация)

Олейник Сергей Александрович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры частной зоотехнии, селекции и разведения животных ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет» (г. Ставрополь, Российская Федерация)

Плещинов Кирилл Владимирович, член-корреспондент РАН, доктор ветеринарных наук, профессор, заведующий кафедрой акушерства и оперативной хирургии, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины» (г. Санкт-Петербург, Российская Федерация)

Подколзин Олег Анатольевич, член-корреспондент РАН, доктор сельскохозяйственных наук, директор ФГБУ Центра агрохимической службы «Краснодарский» (г. Краснодар, Российская Федерация)

Прохоренко Петр Никифорович, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник отдела генетики и разведения крупного рогатого скота ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных», заслуженный деятель науки РФ (г. Санкт-Петербург, Российская Федерация)

Ражабов Тошпулот Фаизулович, кандидат биологических наук, доцент, директор института агроботехнологий и продовольственной безопасности, Самаркандский государственный университет (г. Самарканд, Узбекистан)

Скрипкин Валентин Сергеевич, доктор биологических наук, профессор кафедры физиологии, хирургии и акушерства, декан факультетов ветеринарной медицины и биотехнологического ФГБОУ ВО «Ставропольский ГАУ» (г. Ставрополь, Российская Федерация)

Сотникова Лариса Федоровна, доктор ветеринарных наук, профессор, заведующая кафедрой биологии и патологии мелких домашних, лабораторных и экзотических животных ФГБОУ ВО «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА им. К. И. Скрябина» (г. Москва, Российская Федерация)

Сычев Виктор Гаврилович, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, научный руководитель ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии им. Д. Н. Прянишникова» (г. Москва, Российская Федерация)

Трухачев Владимир Иванович, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, доктор экономических наук, ректор, профессор кафедры кормления животных ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», заслуженный деятель науки РФ (г. Москва, Российская Федерация)

Цхоеребов Валерий Сергеевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой почвоведения ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет» (г. Ставрополь, Российская Федерация)

Шкуратова Ирина Алексеевна, член-корреспондент РАН, доктор ветеринарных наук, профессор, директор Уральского научно-исследовательского ветеринарного института – структурного подразделения, Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения РАН (г. Екатеринбург, Российская Федерация)

Шутко Анна Петровна, доктор сельскохозяйственных наук, доцент кафедры химии и защиты растений ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет» (г. Ставрополь, Российская Федерация)



Agrarian Bulletin of the North Caucasus

15(2) 2025

SCIENTIFIC PRACTICAL JOURNAL

Published since 2011,
issued four in year

Founder:
FSBEI HE Stavropol SAU

Territory of distribution:
The Russian Federation,
foreign countries

Registered by the Federal service
for supervision in the sphere
of Telecom, information
technologies and mass
communications
ПИ № ФС77-85520
from 11 July 2023.

The Journal is in the List
of the leading scientific journals
and publications of the Supreme
Examination Board (SEB),
which are to publish the results
of dissertations on competition
of a scientific degree of doctor
and candidate of Sciences.

The journal is registered
at the Scientific library in the
database Russian Science Citation
Index on the basis of licensing
agreement № 188-09 / 2023 R
from September 14, 2023.

Editor in chief:
Kvochko A. N.

Executive editor:
Samoylenko I. V.

Technical editor:
Ryazanova M. N.

Corrector:
Shulyakova E. A.

Circulation: 300 copies

Correspondence address:
355017, Stavropol,
Zootechnical lane, 12
Tel. +78652315900
(optional 1167 in tone mode)
Fax: +78652717204
E-mail: vapk@stgau.ru
URL: www.vapk26.ru

Index of the subscription
to the «Combined Catalog.
PRESS OF RUSSIA.
Newspapers and journals»: E83308

EDITOR IN CHIEF

Andrey Kvochko

Doctor of Biological Sciences, Professor, Professor of the Russian Academy of Sciences, Head of the Department of Physiology, Surgery and Obstetrics, Stavropol State Agrarian University (Stavropol, Russian Federation)

DEPUTY EDITOR IN CHIEF

Yulia Grechishkina

Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Professor of the Department of Agrochemistry and Plant Physiology, Stavropol State Agrarian University (Stavropol, Russian Federation)

EDITORIAL BOARD

Larisa Belova, Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Parasitology named after V. L. Yakimov, St. Petersburg State Academy of Veterinary Medicine (St. Petersburg, Russian Federation)

Mikhail Gulyukin, Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Head of the Leukemia Laboratory, Il-Russian Research Institute of Experimental Veterinary Medicine named after K. I. Skryabin and Ya.R. Kovalenko RAS, Honored Scientist of the Russian Federation (Moscow, Russian Federation)

Elena Epimakhova, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Private Animal Science, Selection and Breeding of Animals, Stavropol State Agrarian University (Stavropol, Russian Federation)

Aleksandr Esaulko, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Russian Academy of Sciences, Professor of the Department of Agrochemistry and Plant Physiology, Dean of the Faculties of Agrobiology and Land Resources, Ecology and Landscape Architecture, Stavropol State Agrarian University (Stavropol, Russian Federation)

Nikolay Zlydnev, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Animal Nutrition and General Biology, Stavropol State Agrarian University (Stavropol, Russian Federation)

Larisa Ilina, Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Large Livestock Breeding, Saint Petersburg State Agrarian University (Saint-Petersburg, Russian Federation)

Ivan Kochish, Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department of Zoohygiene and Poultry Farming named after A. K. Danilova, Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology named after K. I. Skryabin (Moscow, Russian Federation)

Andrey Koshchayev, Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Biological Sciences, Professor, Professor of the Department of Biotechnology, Biochemistry and Biophysics, Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilina (Krasnodar, Russian Federation)

Vitaly Morozov, Doctor of Veterinary Sciences, Associate Professor, Rector, Head of the Department of Large Livestock Breeding, Saint Petersburg State Agrarian University (Saint Petersburg, Russian Federation)

Nadezhda Ozheredova, Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Head of the Department of Epizootology and Microbiology, Stavropol State Agrarian University (Stavropol, Russian Federation)

Sergey Oleynik, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Private Animal Science, Selection and Breeding of Animals, Stavropol State Agrarian University (Stavropol, Russian Federation)

Kirill Plemyashov, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Head of the Department of Obstetrics and Operative Surgery, Saint Petersburg State University of Veterinary Medicine (Saint Petersburg, Russian Federation)

Oleg Podkolzin, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Agricultural Sciences, Director of the Federal State Budgetary Institution, the Krasnodar Center for Agrochemical Service (Krasnodar, Russian Federation)

Petr Prokhorenko, Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Chief Researcher of the Department of Genetics and Breeding of Cattle, All-Russian Research Institute for Genetics and Breeding of Farm Animals, Honored Scientist of the Russian Federation (Saint Petersburg, Russian Federation)

Toshpulot Rajabov, Candidate of Biological Sciences, Director of the Institute of Agrobiotechnologies and Food Safety, Samarkand State University named after Sharof Rashidov (Samarkand, Uzbekistan)

Viktor Sychev, Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Scientific Director, All-Russian Research Institute of Agrochemistry named after D. N. Pryanishnikov (Moscow, Russian Federation)

Valentin Skripkin, Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Physiology, Surgery and Obstetrics, Dean of the Faculties of Veterinary Medicine and Biotechnology, Stavropol State Agrarian University (Stavropol, Russian Federation)

Larisa Sotnikova, Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Head of the Department of Biology and Pathology of Small Domestic, Laboratory and Exotic Animals, Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology named after K. I. Skryabin (Moscow, Russian Federation)

Vladimir Trukhachev, Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Agricultural Sciences, Doctor of Economic Sciences, Rector, Professor of the Department of Animal Nutrition, Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K. A. Timiryazev, Honored Scientist of the Russian Federation (Moscow, Russian Federation)

Valery Tshkhovrebov, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department of Soil Science, Stavropol State Agrarian University (Stavropol, Russian Federation)

Irina Shkuratova, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Director of the Ural Research Veterinary Institute – a structural division, Ural Federal Agrarian Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (Ekaterinburg, Russian Federation)

Anna Shutko, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Chemistry and Plant Protection, Stavropol State Agrarian University (Stavropol, Russian Federation)

Патология, морфология, физиология, фармакология и токсикология животных

Е. М. Цыганков, А. А. Менькова

Переваримость питательных веществ рациона и баланс азота у бычков на откорме 5

А. Я. Генджи́ев, М. И. Гулюкин, А. В. Убушиева, Н. В. Чимидова, В. А. Орбец

Полиморфизм и филогенетическое родство изолятов вируса лейкоза крупного рогатого скота в Республике Калмыкия (Россия) 15

Н. В. Митрохина, Л. Ф. Сотникова

Патоморфологические и дифференциально-диагностические признаки лимфомы селезенки у собак 25

Разведение, селекция, генетика и биотехнология животных

С. А. Олейник, А. В. Лесняк

Генетическое разнообразие гена гормона роста и его связь с репродуктивной функцией у джерсейского скота 42

Земледелие, растениеводство, садоводство

А. В. Гоноченко, В. К. Дридигер

Экономическая эффективность норм высева и технологий возделывания озимой пшеницы в системе прямого посева 53

Агрехимия, агропочвоведение, защита и карантин растений

Ю. И. Гречишкина, А. В. Матвиенко

Эффективность производства озимой пшеницы на черноземе обыкновенном слабосолонцеватом при использовании фосфогипса нейтрализованного в условиях Центрального Предкавказья 63

М. К. Р. Аль-Аттафи, А. Н. Есаулко, А. С. Котова

Оптимизация содержания в почве макро- и микроэлементов в посевах подсолнечника в условиях зоны неустойчивого увлажнения Центрального Предкавказья 74

Animal pathology, morphology, physiology, pharmacology and toxicology

Evgeny M. Tsygankov, Anna A. Menkova

The Digestibility of Nutrients in the Diet and Nitrogen Balance in Fattened Bulls. 6

**Alexander Y. Gendzhiev, Mikhail I. Gulyukin, Altana V. Ubushieva,
Nadezhda V. Chimidova, Vladimir A. Orobets**

Polymorphism and Phylogenetic Relationship of Bovine Leukemia Virus Isolates
in the Republic of Kalmykia (Russia) 16

Natalia V. Mitrokhina, Larisa F. Sotnikova

Pathomorphological and Differential Diagnostic Features of Canine Splenic Lymphoma 26

Animal breeding, selection, genetics and biotechnology

Sergey A. Oleinik, Artem V. Lesnyak

Genetic Diversity of the Growth Hormone Gene and its Association with Reproductive Function
in Jersey Cattle. 43

Agriculture, crop production, horticulture

Alexandra V. Gonochenko, Viktor K. Dridiger

Economic Efficiency of Seeding Standards and Cultivation Technologies for Winter Wheat
in a Direct Sowing System 54

Agrochemistry, agro-soil science, plant protection and quarantine

Julia I. Grechishkina, Alexey V. Matvienko

The Efficiency of Winter Wheat Production on Slightly Saline Common Chernozem
Using Phosphogypsum Neutralized in the Conditions of the Central Ciscaucasia 64

Mohammed K. R. Al-Attafi, Aleksandr N. Esaulko, Arina S. Kotova

Optimization of Macro- and Microelement Content in Soil for Sunflower Cultivation under
Unstable Moisture Conditions of the Central Ciscaucasus Region 75



<https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-2-5-14>

EDN PBOZPP

УДК 636.084.522.2



Поступила: 24.04.2025

Доработана: 03.06.2025

Принята: 03.06.2025

Переваримость питательных веществ рациона и баланс азота у бычков на откорме

✉ **Е.М. Цыганков, А.А. Менькова**

Брянский государственный аграрный университет, Брянская область,
Выгоничский район, село Кокино, Россия

✉ e-tsygankov@bk.ru

Аннотация

Введение. Особое значение в процессе откорма бычков имеет разработка методов повышения эффективности использования высококачественных белковых кормов. Одним из таких способов является применение небелковых азотистых веществ в составе комбикормов, которые позволили бы высвободить значительное количество питательных веществ.

Цель. Изучить переваримость питательных веществ рациона и баланса азота при скармливании бычкам на откорме кормовой добавки NCG-N-карбамил глутамат.

Материалы и методы. В 8-месячном возрасте по методу пар-аналогов было отобрано две группы бычков: контрольная и опытная. Опытной группе в составе зерносмеси скармливали кормовую добавку из расчета 5 граммов на голову в течение 19 суток. Согласно общепринятым методикам, проводили учет потребления корма, его остатков, коэффициентов переваримости, выделения кала, мочи.

Результаты. Нами установлено изменение переваримости питательных веществ рациона: сухого вещества и сырого протеина на 3,61 и 6,92 %, отмечалась тенденция к увеличению переваримости органического вещества – на 0,41, сырого жира – на 0,56, сырой клетчатки – на 0,65 и биологических экстрактивных веществ – на 0,46 %. При скармливании кормовой добавки отмечалось повышение потребления азота корма на 6,05 грамма, а его выделение было ниже на 5,15 грамма, что способствовало достоверному повышению его отложения на 8,53 грамма.

Заключение. Скармливаемая кормовая добавка способствовала повышению переваримости питательных веществ рациона и усвоению азота, что повлияло на показатели живой массы.

Ключевые слова: Бычки на откорме, кормовая добавка, сухое вещество, сырой протеин, азот, живая масса, биологические экстрактивные вещества

Для цитирования: Цыганков Е.М., Менькова А.А. Переваримость питательных веществ рациона и баланс азота у бычков на откорме. *Аграрный вестник Северного Кавказа*. 2025;15(2):5–14. <https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-2-5-14> EDN PBOZPP

<https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-2-5-14>

EDN PBOZPP

Received: 24.04.2025

Revised: 03.06.2025

Accepted: 03.06.2025

The Digestibility of Nutrients in the Diet and Nitrogen Balance in Fattened Bulls

✉ **Evgeny M. Tsygankov, Anna A. Menkova**

Bryansk State Agrarian University, Bryansk region, Vygonichsky district,
Kokino village, Russia

✉ e-tsygankov@bk.ru

Abstract

Introduction. The development of effective methods to enhance the utilization of high-quality protein feeds plays a vital role in calf fattening. One such method involves the use of non-protein nitrogenous compounds in mixed feeds, which can release a significant amount of nutrients.

Aim. To study the digestibility of nutrients and nitrogen balance in calves fed a feed additive of NCG-N-carbamyl glutamate.

Materials and methods. Two groups of 8-month-old calves were formed using the paired method: a control group and an experimental group. The experimental group received a feed additive at a rate of 5 grams per head within a total mixed ration. Feed intake, leftovers, digestibility coefficients, and excretion of feces and urine were monitored according to standard procedures.

Results. We observed changes in the digestibility of dietary nutrients: dry matter and crude protein increased by 3.61 % and 6.92 %, respectively. In addition, there was a tendency for increased digestibility of organic matter by 0.41 %, crude fat by 0.56 %, crude fiber by 0.65 %, and biological extractive substances by 0.46 %. Feeding the additive led to a rise in nitrogen intake by 6.05 grams and a decrease in nitrogen excretion by 5.15 grams, resulting in a statistically significant increase in nitrogen retention by 8.53 grams.

Conclusions. The feed additive contributed to improved digestibility of nutrients and nitrogen utilization, positively affecting the calves' live weight gain.

Keywords: Fattening steers, feed additive, dry matter, crude protein, nitrogen, live weight, biological extractive substances

To cite: Tsygankov E.M., Menkova A.A. The Digestibility of Nutrients in the Diet and Nitrogen Balance in Fattened Bulls. *Agrarian Bulletin of the North Caucasus*. 2025;15(2):5–14. (In Russ.). <https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-2-5-14> EDN PBOZPP

Введение

Одним из основных факторов, лимитирующих эффективность производства продукции животноводства и дальнейшее развитие интенсивных отраслей животноводства, служит дефицит кормового протеина. Возникновение этого дефицита связано как с недостаточным объемом производства кормового протеина и низкой его биологической полноценностью, так и с несбалансированностью используемых кормовых рационов по обменной энергии, питательным и биологически активным веществам [1; 2]. На основании результатов многочисленных исследований можно утверждать, что оптимизация уровня протеинового питания крупного рогатого скота на откорме не только увеличивает мясную продуктивность, но и существенно повышает оплату корма продукцией [3–5].

Большое значение для рационального использования протеина имеет энергетический уровень питания и оптимальное соотношение энергии и протеина в рационах жвачных животных [6; 7]. При недостатке энергии или избытке протеина в рационе нарушается рубцовое пищеварение, что связано с резким снижением синтезирующей активности микрофлоры, населяющей рубец. При этом белок кормов начинает использоваться как источник энергии, а образующийся при этом избыток аммиака и заключенная в нем энергия теряются для организма [8; 9].

Существенной биологической особенностью жвачных, определяющей потребность в кормовом протеине и эффективность его использования, служит то, что поступающие в рубец азотсодержащие соединения подвергаются воздействию протеолитических ферментов, вырабатываемых микроорганизмами [10; 11]. Биологические особенности пищеварения и протеинового питания у жвачных имеют огромное практическое значение при решении проблемы производства и рационального использования кормового протеина. И, в частности, наличие рубца открывает широкие возможности по использованию в кормлении жвачных синтетических небелковых, азотистых соединений. Однако эффективное использование последних требует четкого обоснования оптимальных параметров использования этих соединений как в качестве кормовой добавки [12–15].

На эффективность использования азота синтетических, азотистых соединений существенное влияние оказывает качество поступающего кормового протеина и, в частности, уровень легкорастворимых его фракций. Это

положение нашло свое подтверждение в более поздних исследованиях, результаты которых свидетельствуют о том, что степень и скорость разрушения протеина под действием бактериальных ферментов определяется растворимостью протеина в жидкости рубца [16–21].

Цель научной работы заключалась в изучении переваримости питательных веществ рациона и баланса азота бычков при скармливании кормовой добавки NCG – N-карбамил глутамат.

Материалы и методы

Этические аспекты

Все аспекты проведенного исследования выполнены в соответствии с Директивой 2010/63/EU Европейского парламента и совета Европейского союза по охране животных, используемых в научных целях.

Материалы

Для реализации поставленной цели в условиях крестьянско-фермерского хозяйства «Цыбанков» Навлинского района Брянской области, Россия, на откормочных бычках был проведен физиологический (балансовый) опыт. В научно-исследовательской работе использовался метод прямого определения переваримости кормов. Суть заключалась в следующем: в течение предварительного и учетного периодов каждой голове задавались индивидуально точно учтенное количество корма (согласно нормам и физиологическим потребностям откармливаемого молодняка). Согласно схеме опыта, представленной в таблице 1, подбирали здоровых типичных для породы бычков в 8-месячном возрасте, с хорошим аппетитом и состоянием зубной системы.

Таблица 1 – Схема проведения балансового опыта

Table 1 – Scheme of the balance sheet experience

Группа	Количество животных	Условия опыта
Контрольная	3	Основной рацион (ОР)
Опытная	3	Основной рацион (ОР) + NCG – N-карбамилглутамат 5 г на гол. в сутки

Количество задействованных в опыте голов – 6 (3 – контрольная и 3 – опытная). Подопытные бычки были кастрированы, что обе-

спечивало их физиологическую устойчивость. Перед началом опыта животных подвергали ветеринарному осмотру и профилактическим мероприятиям. Продолжительность балансового (физиологического) опыта составляла 19 суток, из которых: переходный период – 3 суток; предварительный – 8 суток; учетный – 8 суток. Это связано с тем, что число суток, в течение которых потребленные корма полностью проходят через пищеварительный тракт, составляет 12–13 суток. Кратность кормления составляла 3 раза в сутки. Нормирование кормления производили с учетом планируемого суточного привеса. Структура рациона кормления включала следующие виды корма: сено луговое разнотравное, дерть: пшеничная, овсяная, ячменная, жмых подсолнечный. Кормовую добавку из расчета 5 граммов на голову в сутки смешивали с дертью зерносмеси, скармливали утром в индивидуальных пластмассовых мисках. Поение осуществлялось вволю из автоматических поилок. Распорядок дня и зооигиенические нормы строго соблюдались.

Материалом для исследований служили образцы проб кала, кормов, мочи. Для взвешивания образцов кормов, кала применялись аналитические весы производителя Demcom DA-224 с ценой деления 0,0001 г.

Методы исследований

В образцах кормов, их остатков и кале определяли: сухое вещество методом высушивания при температуре 105 °С; органическое вещество – термогравиметрическим методом; содержание сырого протеина – по Къельдалю; сырой жир определяли методом экстракции его из взвешенной анализируемой пробы растворителем; для определения сырой клетчатки навеску обрабатывали смесью концентрированной азотной и 80 % уксусной кислот; безазотистые экстрактивные вещества – по разности сухого вещества и совокупности его компонентов (протеина, жира, клетчатки и золы).

Процедура исследований

Отбор проб корма проводили в отдельности из каждой суточной дачи и по каждому входящему в рацион корму. Объем пробы зависел от удельного веса корма (в среднем: концентраты – 250, грубые – 500 граммов). Взятые пробы корма тщательно перемешивались, помещались на противень, равномерно распределялись тонким слоем, делились на 4 равных квадрата, из которых в разных местах отбирались образцы для составления среднего образца. Отобранные образцы помещались в стеклянные банки с притерты-

ми крышками и направлялись в аккредитованную лабораторию, в которой проводился анализ. Остатки образцов хранились до конца учетного периода.

Выделявшийся кал собирали в плотные эмалированные ванночки. Учет количества кала и отбор проб для анализа проводили 1 раз в сутки. Собранный в эмалированные ванночки кал взвешивали (вес пустой ванночки учтен), тщательно перемешивали и затем из разных мест брали среднюю пробу. Для более точного отбора проб суточное выделение кала распределяли на оцинкованном листе, тщательно перемешивали, делили на квадраты и из каждого отбирали равную долю. Отобранный образец помещали в фарфоровые чашечки и взвешивали (100 грамм). Отобранные пробы консервировали 10 % раствором соляной кислоты (100 мл – 1 кг кала). По расходу консерванта велся учет, для того чтобы могли рассчитаться размеры поправок на данные вещества. Банки с калом направляли в лабораторию.

Выделяющуюся мочу собирали в эмалированные ванночки индивидуально. Затем консервировали 10 % раствором соляной кислоты и 3 граммами тимола. Периодически проверяли лакмусовыми бумажками мочу и при необходимости добавляли раствор соляной кислоты (до слабокислой реакции). Из среднесуточного образца отбирали среднюю пробу, которую помещали в мерные колбы с притертыми пробками. До окончания опыта моча хранилась при температуре 3–5 °С. По окончании опыта образцы мочи направлялись в лабораторию.

Для измерения показателей живой массы применяли мерную ленту.

Характеристика кормовой добавки. Алтавим NCG. Использование NCG – N-карбамил глутамат повышает эффективность утилизации аммиака в цикле мочевины (орнитинный цикл). Таким образом повышается синтез аргинина, NO (окись азота) и полиаминов (путресцин, спермидин и спермин), что приводит к повышению продуктивности животных. Орнитинный цикл есть у большинства животных (свиньи, коровы, овцы и др.), кроме птицы.

NCG является структурным аналогом N-ацетилглутамата (NAG) в цикле мочевины. NAG является аллостерическим катализатором карбамилфосфатсинтетазы-1 (CPS1), которая является существенным фактором синтеза аргинина. Но экзогенная добавка NAG разрушается в тонкой кишке и не может быть использована. NCG в отличие от NAG очень стабилен и имеет длинный период полувыведения, не разрушается ферментами и может заменить NAG для того, чтобы активировать CPS-1 (рисунок 1).

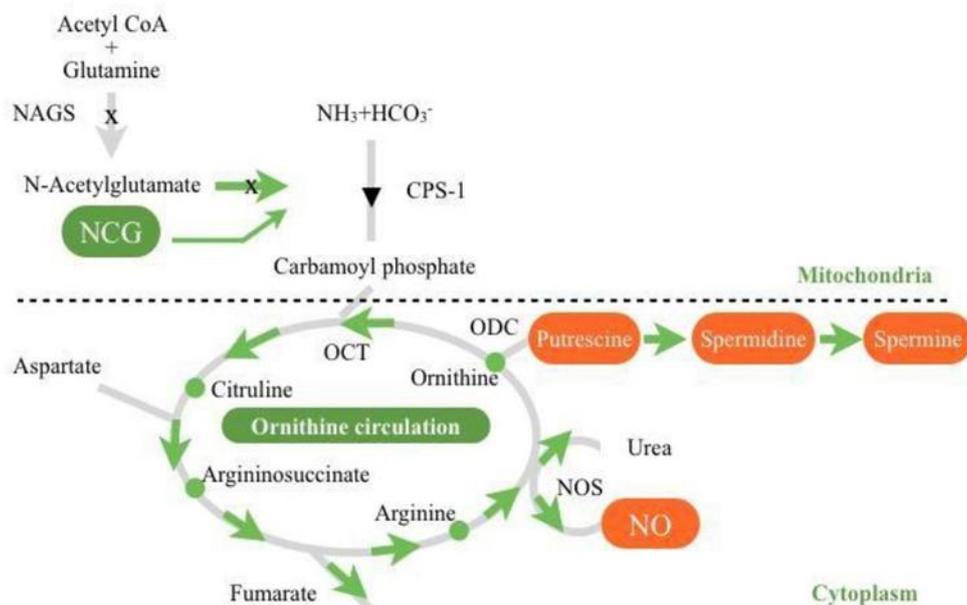


Рис. 1 – Механизм действия кормовой добавки NCG-N-карбамил глутамат
Fig. 1 – Mechanism of action of feed additive NCG-N-carbamyl glutamate

Статистическую обработку провели посредством стандартных (математических и статистических) функций приложения на персональном компьютере с применением программы Microsoft Excel. Рассчитывали среднюю арифметическую (M), ошибку средней арифметической ($\pm m$), критерий достоверности (t) – Стьюдента, уровень вероятности разности (p).

Аргинин – незаменимая аминокислота, дефицит которой возникает в рационах для свиноматок, высокопродуктивных коров, молодняка и при использовании низкопротеиновых рационов на откорме. NO стимулирует рост капилляров, плаценты, улучшает работу кровеносной системы. Полиамины – улучшают биосинтез и обмен веществ. Аммиак – токсичное вещество, вызывающее судороги, отеки и гипоксию. Кормовая добавка выпускается отечественным производителем – ООО «Алта», г. Москва.

Результаты и обсуждение

Изучение переваримости кормов является важным моментом в их биологической оценке и занимает ведущее место в исследованиях по кормлению сельскохозяйственных животных [2; 9; 10].

Несмотря на сходство рационов, скармливание кормовой добавки NCG-N-карбамил глутамат в дозе 5 грамм на голову в сутки повлияло на изучаемые показатели перева-

римости питательных веществ корма. Переваримость питательных веществ корма представлена в таблице 2.

Кормовая добавка как источник азотистого небелкового соединения в составе помолы зерносмеси повышала переваримость питательных веществ рациона по сравнению с контрольным вариантом (группой). Отмечалось достоверное увеличение переваримости сухого вещества на 3,61 % и сырого протеина на 6,92 % ($p \leq 0,001$). Наблюдалась тенденция к повышению переваримости органического вещества – на 0,41, сырого жира – на 0,56, сырой клетчатки – на 0,65 и БЭВ – на 0,46 % соответственно.

Таблица 2 – Коэффициент переваримости питательных веществ, %

Table 2 – Coefficient of digestibility of nutrients, %

Питательное вещество	Группа	
	Контрольная ($n = 3$)	Опытная ($n = 3$)
Сухое вещество	64,60±0,06	66,93±0,09***
Органическое вещество	66,96±0,14	67,23±0,03
Сырой протеин	59,23±0,09	63,33±0,03***
Сырой жир	53,47±0,03	53,77±0,15
Сырая клетчатка	51,37±0,09	51,70±0,06
БЭВ	72,37±0,09	72,70±0,15

Примечание: $p \leq 0,001$ *** (здесь и далее)

Note: $p \leq 0,001$ *** (здесь и далее)

Исходя из вышеизложенного можно утверждать, что кормовая добавка способствовала повышению популяций микроорганизмов рубца, их ферментативной активности, при этом повышалась переваримость питательных веществ рациона, а выделявшийся аммиак использовался для синтеза аминокислот и микробного белка.

По балансу азота (таблица 3) в организме животного принято изучать белковый обмен. Он является показателем использования азотистой части корма и характеризует полноценность рационов. Об интенсивности роста молодняка крупного рогатого скота можно судить по количеству усвоенного азота.

В наших исследованиях баланс азота в организме бычков на откорме был положительным. При этом установлено, что скармливание кормовой добавки NCG-N-карбамил глутамат оказало положительное влияние на потребление азота, его усвоение и степень использования.

Потребление азота с кормом в опытной группе было на 6,05 г больше ($p \leq 0,001$), чем у бычков контрольной группы.

Выделение азота с калом в опытной группе было ниже на 5,15 г, или 5,01 % ($p \leq 0,001$), чем в контроле, что способствовало повышению отложения азота в теле на 28,38 % ($p \leq 0,001$) и лучшему его усвоению в организме бычков.

Из данных таблицы 3 видно, что коэффициент использования азота корма от принятого в опытной группе составил 14,32, что достоверно больше на 25,68 %, чем у бычков контрольной группы.

Можно утверждать, что кормовая добавка способствовала повышению переваримости и отложению азота в теле за счет увеличения синтеза аммиака, образования промежуточных продуктов и их использования в катаболических целях.

Таблица 3 – Баланс азота в организме подопытных бычков на откорме

Table 3 – Nitrogen balance in the body of experimental fattening bulls

Показатель	Группа	
	Контрольная (n = 3)	Опытная (n = 3)
Принято с кормом, г	263,47±0,15	269,52±0,02***
Выделено с калом, г	102,80±0,11	97,65±0,01***
Переварено, г	160,67±0,11	171,87±0,01***
Выделено с мочой, г	130,60±0,45	133,27±0,32
Отложилось азота в теле, г	30,07±0,22	38,60±0,12***
Отложилось азота к принятому, %	11,41±0,01	14,32±0,01***
Отложилось азота к переваренному, %	17,50±0,01	22,45±0,04***

Полноценное кормление является основой успешного выращивания молодняка крупного рогатого скота. Интенсивное выращивание животных с раннего возраста дает возможность наиболее полно в дальнейшем использовать биологические способности организма к усиленному росту, проявлять потенциальные возможности организма.

На основании ежемесячных взвешиваний животных была рассчитана средняя живая масса бычков контрольной и опытной групп, результаты представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Живая масса бычков на откорме контрольной и опытной групп на протяжении опыта, кг

Table 4 – Live weight of fattening bulls in the control and experimental groups throughout the experiment, kg

Возраст, мес.	Группа	
	Контрольная (n = 3)	Опытная (n = 3)
8	277,53±0,03	277,60±0,06
9	308,42±0,12	316,63±0,11***

Анализ представленных в таблице 4 данных свидетельствует о том, что перед началом проведения балансового опыта межгрупповой разницы по живой массе не отмечалось. По завершении балансового опыта были проведены контрольные измерения живой массы подопытных бычков. Было отмечено, что бычки опытной группы превосходили контрольную по живой массе на 8,21 кг, или 2,66 %.

Динамика живой массы бычков на откорме с использованием в рационе кормовой добавки не дает полной характеристики ростовых процессов животных. Поэтому был рассчитан абсолютный и среднесуточный прирост живой массы. Данные представлены в таблицах 5 и 6.

Таблица 5 – Изменения абсолютного прироста живой массы подопытных бычков на откорме, кг

Table 5 – Changes in absolute gain in live weight of experimental fattening bulls, kg

Возраст, мес.	Группа	
	Контрольная (n = 3)	Опытная (n = 3)
8	27,19±0,01	27,19±0,01
9	30,89±0,03	39,03±0,01***

Интенсивность роста откармливаемых бычков контрольной и опытной групп была высокая. Абсолютный прирост живой массы у бычков опытной группы находился в пределах от 27,19 до 39,03 кг.

По завершении балансового опыта абсолютный прирост живой массы в опытной группе был заметно выше, чем в контрольной, и составил 39,03 кг, что на 2,64 % больше соответственно.

Анализируя результаты, представленные в таблице 6, стоит обратить внимание на более высокую интенсивность роста подопытных бычков в возрасте 8–9 месяцев.

В опытной группе среднесуточный прирост живой массы составил 1301,33 г. Скармливание кормовой добавки в составе зерносмеси бычкам на откорме способствовало увеличению скорости их роста. Так, у 9-месячных бычков опытной группы среднесуточный прирост живой массы был соответственно на 26,46 % больше по сравнению с контролем.

Вклад авторов

Е. М. Цыганков: концептуализация, методология исследования, работа с программным обеспечением, проведение исследований, создание черновика рукописи.

А. А. Менькова: формальный анализ, администрирование данных, визуализация, администрирование проекта.

Конфликт интересов

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Таблица 6 – Среднесуточные приросты живой массы бычков, г

Table 6 – Average daily gains in live weight of bulls, g

Возраст, мес.	Группа	
	Контрольная (n = 3)	Опытная (n = 3)
8	0,906±0,01	0,906±0,02
9	1029,00±0,28	1301,33±0,23***

Исходя из данных таблиц 4, 5, 6 можно сделать заключение о том, что кормовая добавка оказала существенное влияние на живую массу бычков, что подтверждается изменением абсолютных и среднесуточных приростов за счет повышения переваримости, синтеза и усвоения продуктов азотистого обмена.

Заключение

В данной статье были изучены показатели переваримости питательных веществ и баланса азота рациона бычков при скармливании кормовой добавки NCG – N-карбамил глутамат. При скармливании добавки у бычков отмечалось достоверное повышение коэффициентов переваримости сухого вещества на 3,61 и сырого протеина – на 6,92 %. Так было установлено достоверное изменение баланса азота – потребление азота в опытной группе было выше на 6,05 г, его выделение ниже на 5,15 г, что повлияло на степень его отложения в организме, которая была выше на 28,38 %. Для повышения переваримости питательных веществ, использования азота корма и повышения продуктивных показателей рекомендуем индивидуально скармливать кормовую добавку NCG – N-карбамил глутамат из расчета 5 г на голову в сутки смеси дерти концентратов.

Contributions

E. M. Tsygankov: conceptualization, methodology, software, investigation, writing – original draft,

A. A. Menkova: formal analysis, data curation, visualization, project administration.

Список литературы / References

1. Бесараб Г.В., Цай В.П., Кот А.Н., Сапсалёва Т.Л. Влияние скармливания молодняку крупного рогатого скота небелковых азотистых веществ на расщепляемость протеина и переваримость питательных веществ. *Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства*. 2022;158–165.
Besarab G.V., Tsai V.P., Kot A.N., Sapsaleva T.L. Effect of feeding young cattle with non-protein nitrogenous substances on protein breakdown and nutrient digestibility. *Actual problems of intensive development of animal husbandry*. 2022;158–165. (In Russ.)
2. Бесараб Г.В., Сложенкина М.И., Сапсалёва Т.Л., Джумкова М.В., Ганущенко О.Ф., Медведская Т.В., Серяков И.С., Карелин В.В., Райхман А.Я. Влияния азотистых веществ небелковой природы на расщепляемость протеина комбикормов. *Зоотехническая наука Беларуси*. 2023;58(1):144–151.
Besarab G.V., Slozhenkina M.I., Sapsaleva T.L., Jumkova M.V., Ganushchenko O.F., Medvedskaya T.V., Seryakov I.S., Karelin V.V., Raikhman A.Ya. Influence of nitrogenous substances of non-protein nature on the compound feed protein degradability. *Zootechnical Science of Belarus*. 2023;58(1):144–151. (In Russ.)
3. Трухачев В.И., Буряков Н.П., Махнырева О.Е., Бурякова М.А. Переваримость питательных веществ рационов при использовании мультиэнзимной ферментной добавки. *Молочное и мясное скотоводство*. 2023;4:49–52. <https://doi.org/10.33943/MMS.2023.92.52.009> EDN SFDQPE
Trukhachev V.I., Buryakov N.P., Makhnyreva O.E., Buryakova M.A. Digestibility of diet nutrients when using a multi-enzyme enzyme supplement. *Dairy and beef cattle breeding*. 2023;4:49–52. (In Russ.). <https://doi.org/10.33943/MMS.2023.92.52.009> EDN SFDQPE
4. Трухачев В.И., Буряков Н.П., Бурякова М.А., Лаптев Г.Ю., Комарова О.Е., Нарезная А.А. Особенности рубцового пищеварения коров при включении в основной рацион ферментной кормовой добавки. *Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство*. 2023;1(210):26–36. <https://doi.org/10.33920/sel-05-2301-03> EDN SFDQPE
Trukhachev V.I., Buryakov N.P., Buryakova M.A., Laptev G.Yu., Komarova O.E., Narezhnaya A.A. Features of rumen digestion of cows when an enzyme feed additive is included in the basic ration. *Feeding of farm animals and forage production*. 2023;1(210):26–36. (In Russ.). <https://doi.org/10.33920/sel-05-2301-03> EDN SFDQPE
5. Алешин Д.Е., Буряков Н.П., Косолапова В.Г., Лаптев Г.Ю., Ильина Л.А., Иванова О.Е., Костеников В.И., Новосад А.С. Применение кориандрового жмыха в производстве кормовых добавок для животных. *Кормопроизводство*. 2024;4:35–40. <https://doi.org/10.30906/1562-0417-2024-4-35-40> EDN ZPFHFW
Aleshin D.E., Buryakov N.P., Kosolapova V.G., Laptev G.Yu., Ilyina L.A., Ivanova O.E., Kostennikov V.I., Novosad A.S. Use of coriandrum sativum l. Cake in the production of animal feed additives. *Feed production*. 2024;4:35–40. (In Russ.). <https://doi.org/10.30906/1562-0417-2024-4-35-40> EDN ZPFHFW
6. Радчиков В.Ф., Богданович Д.М., Бесараб Г.В. Балансирование рационов молодняку крупного рогатого скота по протеину за счёт небелковых азотистых веществ. *Аграрно-пищевые инновации*. 2022;2(18):46–56. <https://doi.org/10.31208/2618-7353-2022-18-46-56>
Radchikov V.F., Bogdanovich D.M., Besarab G.V. Balancing the diets of young cattle by protein due to non-protein nitrogenous substances. *Agrarian-and-food innovations*. 2022;18(2):46–56 (In Russ.). <http://doi.org/10.31208/2618-7353-2022-18-46-56>
7. Василевский Н.В., Березин А.С., Лысова Е.А., Ушаков А.С., Сметанина И.Г., Демьянов А.В. Выращивание бычков на мясо при использовании в их рационах низкораспадаемых кормовых средств. *Аграрная наука*. 2023;(4):80–86. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-369-4-80-86>
Vasilevsky N.V., Berezin A.S., Lysova E.A., Ushakov A.S., Smetanina I.G., Demyanov A.V. Cultivation of bulls for meat when using lowdecaying feed products in their diets. *Agrarian science*. 2023;(4):80–86. (In Russ.). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-369-4-80-86>
8. Власенко Л.В., Атландерова К.Н., Дускаев Г.К. Анализ микробиома рубца крупного рогатого скота и степени переваримости корма под действием умбеллиферона. *Ветеринария и кормление*. 2024;(5):19–21. <https://doi.org/10.30917/ATT-VK-1814-9588-2024-5-4> EDN CIEQWF

- Vlasenko L.V., Atlanderova K.N., Duskaev G.K. Analysis of the microbiome of the rumen of cattle and the degree of digestibility of feed under the influence of umbelliferone. *Veterinaria i kormlenie*. 2024;(5):19–21. (In Russ.). <https://doi.org/10.30917/ATT-VK-1814-9588-2024-5-4> EDN CIEQWF
9. Магомедов Г.М., Алигазиева П.А., Клементьев М.И., Алакаева А.И., Телевова Н.Р. Продуктивность откармливаемого молодняка крупного рогатого скота кавказской бурой породы при кормлении разных форм селена. *Известия Дагестанского ГАУ*. 2023;4(20):93–101. <https://doi.org/10.52671/26867591-2023-4-93>
- Magomedov G.M., Aligazieva P.A., Klementyev M.I., Alakaeva A.I., Televova N.R. Productivity of fattened young cattle of the caucasian brown breed when being fed with different forms of selenium. *Dagestan GAU Proceedings*. 2023;4(20):93–101. (In Russ.). <https://doi.org/10.52671/26867591-2023-4-93>
10. Радчиков В.Ф., Джумкова М.В., Бесараб Г.В., Горлов И.Ф., Сложенкина М.И., Мосолова Н.И. Нормирование карбамидного концентрата в рационах молодняка крупного рогатого скота. *Сельское хозяйство и экосистемы в современном мире: региональные и межстрановые исследования*. 2022;1(2):22–31. <https://doi.org/10.53315/2949-1231-2022-1-2-22-31>
- Radchikov V.F., Dzymkova M.V., Besarab G.V., Gorlov I.F., Slozhenkina M.I., Mosolova N.I. Rationing of urea concentrate in diets young cattle. *The Agriculture and Ecosystems in Modern World: Regional and Inter countries' research*. 2022;1(2):22–31. (In Russ.). <https://doi.org/10.53315/2949-1231-2022-1-2-22-31>
11. Шаабан М., Бельшикина М.Е. Нетрадиционные источники белка в кормлении животных. *Аграрная наука*. 2025;(3):69–75. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-392-03-69-75> EDN EXSGRH
- Shaaban M., Belyshkina M.E. Unconventional sources of protein in animal feeding. *Agrarian science*. 2025;(3):69–75. (In Russ.). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-392-03-69-75> EDN EXSGRH
12. Кузнецов А.С., Харитонов Е.Л., Остренко К.С. Использование азотсодержащих соединений в организме молодняка крупного рогатого скота при добавлении в рацион N-карбомилглутамата. *Молочное и мясное скотоводство*. 2021;21:37–42. <https://doi.org/10.33943/MMS.2021.82.82.008> EDN FJNPKQ
- Kuznetsov A.S., Charitonov E.L., Ostrenko K.S., Ovcharova A.N. The efficiency of using nitrogen-containing compounds in the body of young cattle when adding n-carbomilglutamate into the diet. *Dairy and beef cattle breeding*. 2021;21:37–42. (In Russ.). <https://doi.org/10.33943/MMS.2021.82.82.008> EDN FJNPKQ
13. Убушаев Б.С., Мороз Н.Н., Онтаев А.А., Хайреденова А.Х., Бекиева А.Т., Курманбеков Б.К. Влияние комплекса азотсодержащих добавок на мясную продуктивность крупного рогатого скота. *Сельское хозяйство и экосистемы в современном мире: региональные и межстрановые исследования*. 2023;2(1):22–30. <https://doi.org/10.53315/2949-1231-2023-2-1-22-30>
- Ubushaev B.S., Moroz N.N., Ontaev A.A., Khayretdinova A.H., Bekieva A.T., Kurmanbekov B.K. Influence of a complex of nitrogen-containing additives on the meat productivity of cattle. *The Agriculture and Ecosystems in Modern World: Regional and Inter countries' research*. 2023;2(1):22–30. (In Russ.). <https://doi.org/10.53315/2949-1231-2023-2-1-22-30>
14. McCoard S.A., Pacheco D. The significance of N-carbamoylglutamate in ruminant production. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 2023;13:14(1):48:1023–1035. <https://doi.org/10.1186/s40104-023-00854-z>
15. Wang C., Shang L., Guo Q. et al. Effectiveness and safety evaluation of graded levels of N-carbamoylglutamate in growing-finishing pigs. *Journal Nutrition*. 2022;412–418. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2022.04.012>
16. Zhou J., Yue S., Du J., Xue B., Wang L., Peng Q., Zou H., Hu R., Jiang Y., Wang Z. and Xue B. Integration of transcriptomic and metabolomic analysis of the mechanism of dietary N-carbamoylglutamate in promoting follicle development in yaks. *Frontiers in Veterinary Science*. 2022;9:946893. <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.946893>
17. Gu F., Miao C., Jiang L. et al. Dietary supplementation with N-carbamoylglutamate initiated from the prepartum stage improves lactation performance of postpartum dairy cows. *Animal Nutrition*. 2021;7(1):232–238. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2020.07.002>

18. Wu G., Bazer F.W., Johnson G.A. et al. Metabolism and Nutrition of L-Glutamate and L-Glutamine in Ruminants. *Animals*. 2024;14(12):1788. <https://doi.org/10.3390/ani14121788>
19. Zhang W., Sun S., Zhang Y. et al. Benzoic acid supplementation improves the growth performance, nutrient digestibility and nitrogen metabolism of weaned lambs. *Frontiers in Veterinary Science*. 2024;9:11:1351–1394. <https://doi.org/10.3389/fvets.2024.1351394>
20. Карамаев, С.В., Карамаева А.С., Валитов Х.З. Мясная продуктивность чистопородных и помесных бычков калмыцкой и мандолонгской пород. *Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии*. 2022;(2):8–45. https://doi.org/10.55471/19973225_2022_7_2_38 EDN BHACLR
Karamaev, S.V., Karamaeva A.S., Valitov H.Z. Meat-type kalmyk and mandolong cleanbred and mongrel calf-bulls. *Bulletin Samara State Agricultural Academy*. 2022;(2):8–45. (In Russ.). https://doi.org/10.55471/19973225_2022_7_2_38 EDN BHACLR
21. Барило О.А., Мерзленко Р.А. Белковый обмен, мясная продуктивность и качество мяса телят, получавших фитобиотическую кормовую добавку. *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*. 2023;9:130–136.
Barilo O.A., Merzlenko R.A. Protein metabolism, meat productivity and quality of meat of calves receiving phytobiotic feed additive. *Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*. 2023;9:130–136. (In Russ.). EDN QLHNYF

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Цыганков Евгений Михайлович – кандидат биологических наук, доцент кафедры эпизоотологии, микробиологии, паразитологии и ветеринарно-санитарной экспертизы, Брянский государственный аграрный университет, г. Брянск, Россия
<https://orcid.org/0000-0002-6615-2440>
SPIN-код: [3913-1327](https://orcid.org/0000-0002-6615-2440)
e-tsygankov@bk.ru

Менькова Анна Александровна – доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры нормальной и патологической морфологии и физиологии животных, Брянский государственный аграрный университет, г. Брянск, Россия
<https://orcid.org/0009-0003-3065-163X>
SPIN-код: [7886-2817](https://orcid.org/0009-0003-3065-163X)
aamenkova@mail.ru

ABOUT THE AUTHORS

Evgeny M. Tsygankov – Cand. Sci. (Biol.), Assoc. Prof., Department of Epizootology, Microbiology, Parasitology and Veterinary and Sanitary Expertise, Bryansk State Agrarian University, Bryansk, Russia
<https://orcid.org/0000-0002-6615-2440>
e-tsygankov@bk.ru

Anna A. Menkova – Dr. Sci. (Biol.), Prof., Department of Normal and Pathological Morphology and Animal Physiology, Bryansk State Agrarian University, Bryansk, Russia
<https://orcid.org/0009-0003-3065-163X>
aamenkova@mail.ru



<https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-2-15-24>

EDN TIIIWN

УДК 578.2

Поступила: 07.03.2025

Доработана: 03.06.2025

Принята: 04.06.2025

Полиморфизм и филогенетическое родство изолятов вируса лейкоза крупного рогатого скота в Республике Калмыкия (Россия)

✉ А.Я. Генджиев¹, М.И. Гулюкин², А.В. Убушиева¹,
Н.В. Чимидова¹, В.А. Оробец³

¹ Калмыцкий государственный университет имени Б. Б. Городовикова,
г. Элиста, Россия

² Федеральный научный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт
экспериментальной ветеринарии имени К. И. Скрябина и Я. Р. Коваленко
Российской академии наук, г. Москва, Россия

³ Ставропольский государственный аграрный университет, г. Ставрополь, Россия
✉ gend-alex08@mail.ru

Аннотация

Введение. Вирус лейкоза крупного рогатого скота (BLV), относящийся к семейству Retroviridae, вызывает хронические инфекции, приводящие к значительным экономическим потерям в животноводстве России. Несмотря на широкое распространение BLV в российских регионах, данные о генетическом разнообразии и филогенетических связях изолятов на территории Республики Калмыкия остаются недостаточно изученными.

Цель. Проанализировать полиморфизм изолятов BLV в Республике Калмыкия с использованием секвенирования гена *pol* и филогенетического анализа.

Материалы и методы. Исследованы шесть провирусных изолятов, выделенных из хозяйств Городовиковского района. Методы включали экстракцию ДНК, ПЦР-амплификацию, секвенирование и филогенетический анализ с применением программного обеспечения Mega 3.1.

Результаты. Выявлено высокое генетическое сходство калмыцких изолятов со штаммами из Аргентины, Бразилии, Австралии, Японии и США (97–100 % гомологии), при этом они отличаются от изолятов Северной Италии и некоторых штаммов США. Установлена связь с изолятами из Ростовской и Калужской областей России, что подтверждается данными о трансрегиональном перемещении скота.

Заключение. Обоснована важность мониторинга генетического разнообразия BLV для разработки мер контроля и профилактики, а также необходимость дальнейшего изучения эпидемиологических путей распространения вируса.

Ключевые слова: Вирус лейкоза крупного рогатого скота (BLV), филогенетический анализ, ген *pol*, генетическое разнообразие, секвенирование, провирусные изоляты, трансрегиональное распространение, эпидемиологический контроль

Для цитирования: Генджиев А.Я., Гулюкин М.И., Убушиева А.В., Чимидова Н.В., Оробец В.А. Полиморфизм и филогенетическое родство изолятов вируса лейкоза крупного рогатого скота в Республике Калмыкия. *Аграрный вестник Северного Кавказа*. 2025;15(2):15–24. <https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-2-15-24> EDN TIIIWN

<https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-2-15-24>

EDN TIIIWN

Received: 07.03.2025

Revised: 03.06.2025

Accepted: 04.06.2025

Polymorphism and Phylogenetic Relationship of Bovine Leukemia Virus Isolates in the Republic of Kalmykia (Russia)

✉ Alexander Y. Gendzhiev¹, Mikhail I. Gulyukin², Altana V. Ubushieva¹,
Nadezhda V. Chimidova¹, Vladimir A. Orobets³

¹ Kalmyk State University named after B. B. Gorodovikov, Elista, Russia

² Federal Research Center – All-Russian Research Institute of Experimental Veterinary Medicine named after K. I. Scriabin and Ya. R. Kovalenko of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

³ Stavropol State Agrarian University, Stavropol, Russia

✉ gend-alex08@mail.ru

Abstract

Introduction. The bovine leukemia virus (BLV), a member of the Retroviridae family, causes chronic infections leading to significant economic losses in Russian cattle farming. Despite the widespread distribution of BLV in Russian regions, data on the genetic diversity and phylogenetic relationships of isolates in the Republic of Kalmykia remain insufficiently studied.

Aim. To analyze the polymorphism of BLV isolates in the Republic of Kalmykia using pol gene sequencing and phylogenetic analysis.

Materials and methods. Six proviral isolates collected from farms in the Gorodovikovsky district were investigated. The methods included DNA extraction, PCR amplification, sequencing, and phylogenetic analysis using MEGA 3.1 software.

Results. High genetic similarity was found between the Kalmyk isolates and strains from Argentina, Brazil, Australia, Japan, and the USA (97–100 % homology), while they differed from isolates of Northern Italy and some US strains. A connection was established with isolates from the Rostov and Kaluga regions of Russia, supported by data on interregional cattle movement.

Conclusion. The study underscores the importance of monitoring BLV genetic diversity to develop control and prevention measures and highlights the need for further research into the epidemiological pathways of virus transmission.

Keywords: Bovine leukemia virus (BLV), phylogenetic analysis, pol gene, genetic diversity, sequencing, proviral isolates, transregional spread, epidemiological surveillance

To cite: Gendzhiev A.Y., Gulyukin M.I., Ubushieva A.V., Chimidova N.V., Orobets V.A. Polymorphism and Phylogenetic Relationship of Bovine Leukemia Virus Isolates in the Republic of Kalmykia. *Agrarian Bulletin of the North Caucasus*. 2025;15(2):15–24. (In Russ.). <https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-2-15-24> EDN TIIIWN

Введение

Вирус лейкоза крупного рогатого скота (BLV), относящийся к семейству Retroviridae, является возбудителем хронического инфекционного заболевания, приводящего к лимфолейкозу и значительной смертности среди пораженных животных. Филогенетически BLV близок к вирусу Т-клеточного лейкоза человека типа 1 (HTLV-1) [1], что подчеркивает его важность как модели для изучения ретровирусных инфекций. BLV представляет серьезную угрозу для мирового животноводства из-за своего широкого распространения, что негативно сказывается на продуктивности и экономической эффективности как молочного, так и мясного скотоводства [2; 3]. В России, особенно в Республике Калмыкия, где скотоводство является одной из ключевых отраслей сельского хозяйства, наблюдается высокая заболеваемость, связанная с этим вирусом [4; 5].

Хотя современная классификация BLV преимущественно основывается на анализе гена *env*, кодирующего поверхностный гликопротеин gp51, участвующий в проникновении вируса в клетку и формировании иммунного ответа, выбор гена *pol* в качестве мишени для исследования обусловлен его уникальными характеристиками, делающими его оптимальным маркером для филогенетического анализа. Ген *pol*, кодирующий обратную транскриптазу и интегразу, обладает уникальными свойствами для филогенетического анализа: его консервативные участки обеспечивают надежное выравнивание последовательностей, в то время как переменные области содержат достаточное количество информативных полиморфизмов для дифференциации штаммов. Важно отметить, что обратная транскриптаза как ключевой фермент репликации ретровирусов демонстрирует эволюционно стабильные паттерны мутаций, что позволяет проследить филогенетические связи между изолятами. Технические преимущества работы с этим геном включают стабильную амплификацию, высокое качество секвенирования и воспроизводимость результатов, что особенно важно при ограниченных ресурсах. По сравнению с полногеномным анализом, исследование гена *pol* обеспечивает оптимальное соотношение затрат и информативности, позволяя получать достоверные данные о генетическом разнообразии вируса без необходимости сложного и дорогостоящего полногеномного секвенирования. Кроме того, накопленные в международных базах данных последовательности гена *pol* различных штаммов BLV позволяют проводить комплексный сравнительный анализ

и выявлять потенциальные источники заноса инфекции в регион.

Изучение генетического разнообразия изолятов BLV и их первичной структуры в различных регионах предоставляет важные данные для понимания филогенетических взаимосвязей и эволюционных изменений вируса [3]. Геном BLV состоит из 8714 нуклеотидов и включает структурные гены (*gag*, *pro*, *pol*, *env*), регуляторные области *pX* (*tax*, *rex*), а также вспомогательные белки (R3 и G4) и микроРНК, которые активно экспрессируются в предлейкозных и опухолевых клетках [6; 7; 13]. Несмотря на значительный прогресс в изучении BLV, данные о генетическом разнообразии и эпидемиологических особенностях вируса в отдельных регионах, таких как Калмыкия, остаются недостаточно исследованными.

Целью данного исследования является анализ полиморфизма изолятов BLV в хозяйствах Республики Калмыкия с использованием методов секвенирования и филогенетического анализа на основе гена *pol*. Для достижения этой цели были поставлены следующие задачи: (1) выделение и характеристика провирусных изолятов BLV из различных хозяйств региона, (2) проведение филогенетического анализа для определения генетического сходства с известными штаммами, (3) выявление потенциальных источников заражения и путей распространения вируса. Настоящее исследование направлено на восполнение пробелов в знаниях о генетическом разнообразии BLV в регионе и разработку рекомендаций для контроля и профилактики заболевания.

Материалы и методы

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

Материалы

Объекты исследования

Обследовано 30 голов крупного рогатого скота калмыцкой породы (возраст 3–7 лет) из 4 хозяйств Городовиковского района Республики Калмыкия. Все животные (возраст 3–7 лет) были серопозитивны по ИФА, но без клинических признаков лимфосаркомы, что соответствует стадии персистентного лимфоцитоза. Для молекулярного анализа использовали образцы цельной крови, отобранные в вакутейнеры с ЭДТА.

Образцы крови крупного рогатого скота калмыцкой породы были отобраны из различных племенных хозяйств Республики Калмыкия. Животные содержались в стандартных условиях, соответствующих требованиям животноводства.

Оборудование

Программируемый термоциклер «Терцик» (производитель: ДНК-Технология), автоматический анализатор ABI PRISM 3130 (Applied Biosystems, США).

Реактивы и препараты

Коммерческие наборы для экстракции ДНК (производитель: НекстБИО) с выходом 35–50 нг/мкл (A260/280=1.8–2.0), набор BigDye Terminator v3.1 Cycle Sequencing Kit (Applied Biosystems, США), агарозный гель (1,5 %), набор для быстрой элюции ДНК из агарозных гелей (Синтол).

Методы

Экстракция ДНК

Выделение ДНК проводили с использованием коммерческих наборов реагентов в соответствии с инструкцией производителя.

ПЦР-амплификация

Для амплификации использовали 438 п. н. фрагмента гена *pol* BLV с праймерами: PF2: 5'-TGA ACG GAC AAA TGG ACT GCT C-3' (позиция 4470–4491) и PR2: 5'-CCG ACA GAG AGC GAG GAG AG-3' (позиция 4888–4907).

Программа амплификации включала этапы, представленные в таблице 1.

Таблица 1 – Этапы программы амплификации

Table 1 – Stages of the amplification program

Этап	Температура, °C	Время
Начальная денатурация	95	3 мин
Денатурация	94	20 с
Отжиг	62	30 с
Синтез	72	1 мин
Заключительный синтез	72	3 мин
Циклы	35	

Процедура исследования

Анализ ПЦР-продуктов

Фрагменты ДНК после амплификации разделяли методом электрофореза в 1,5 %-ном агарозном геле.

Очистка ампликонов

Для выделения ДНК из геля использовали набор для быстрой элюции.

Секвенирование

Последовательности нуклеотидов определяли с использованием набора BigDye Terminator v3.1 Cycle Sequencing Kit и автоматического анализатора ABI PRISM 3130. Секвенирование проводили во ВНИИ ветеринарной вирусологии и микробиологии.

Идентификация последовательностей

Полученные последовательности сравнивали с базами данных GenBank/EMBL с использованием сервиса BLAST (<http://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>).

Филогенетический анализ

Для построения филогенетического дерева использовали программу Mega 3.1. Достоверность топологии оценивали с помощью бутстрэп-анализа (100 и 1000 случайных выборок) [1; 13].

Анализ данных

Для анализа данных использовали филогенетические методы, включая построение дендрограмм и оценку генетического сходства. Бутстрэп-анализ применяли для подтверждения достоверности филогенетических связей. Выбор методов анализа обусловлен их высокой точностью и широким использованием в исследованиях генетического разнообразия вирусов.

Результаты

В ходе исследования были отобраны и проанализированы 6 изолятов провируса вируса лейкоза крупного рогатого скота (BLV) из хозяйств различной категории собственности, расположенных в Городовиковском районе Республики Калмыкия. В качестве контроля использовался положительный контрольный образец ПЦР. Характеристика исследованных изолятов представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Характеристика исследованных изолятов провируса
Table 2 – Characteristics of the studied provirus isolates

Хозяйство	Количество изолятов	Изолят
КФХ Демкин П. В.	2	10/8k KALMIKIYA
		10/2k KALMIKIYA
с. Дружное, индосектор	1	10/2d KALMIKIYA
БАК КГУ гурт Алиева А. М.	1	10/5b KALMIKIYA
п. Шин-Бял. Южный индосектор	1	10/15sh KALMIKIYA
ПКО ДНК ВЛКРС*	1	K+FLK-BLV

* – положительный контрольный образец ПЦР

* – positive control sample for PCR

В ходе исследования шести изолятов вируса лейкоза крупного рогатого скота (BLV), выделенных в Городовиковском районе Республики Калмыкия, проведен филогенетический анализ гена *pol*, который выявил высокую степень генетического сходства с референсными штаммами из различных стран. Изоляты демонстрируют 97–100 % идентичность нуклеотидных последовательностей с консенсусными последовательностями из Аргентины, Австралии, Японии, США и Бразилии. Построенные ден-

дрограммы (рисунки 1, 2, 3) демонстрируют филогенетические связи между исследуемыми образцами.

Филогенетический анализ нуклеотидных последовательностей гена *pol* показал, что изолят 10/8k KALMIKIYA оказался полностью идентичным американскому штамму M16017_USA, тогда как 10/2d KALMIKIYA и 10/5b KALMIKIYA показали 98–99 % сходство с изолятами из Бразилии (DQ288979) и Японии (K02120).

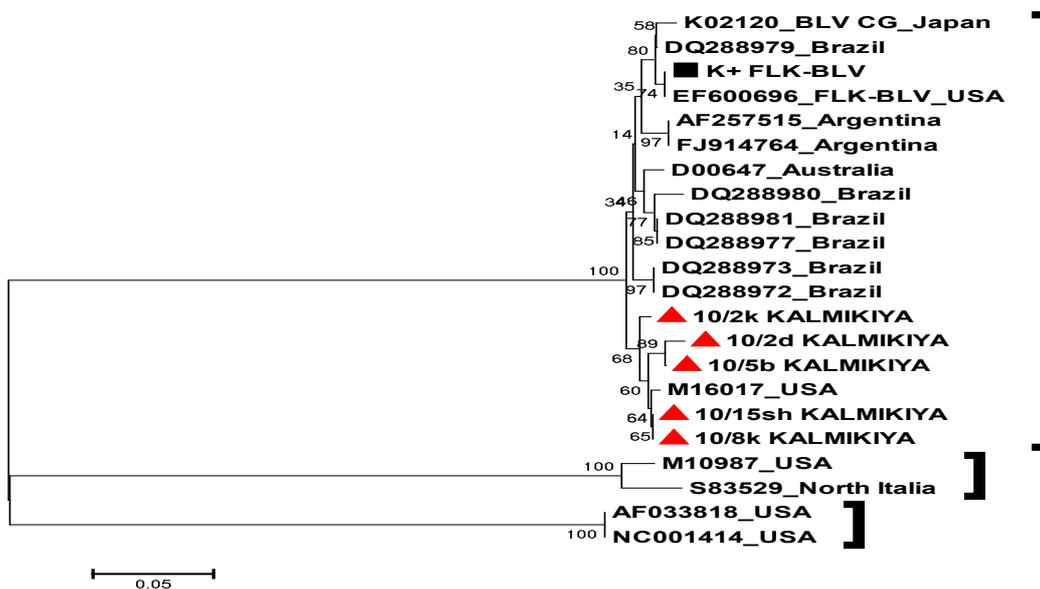


Рис. 1 – Филогенетическое сравнение участков гена *pol* BLV

Fig. 1 – Phylogenetic comparison of BLV *pol* gene regions

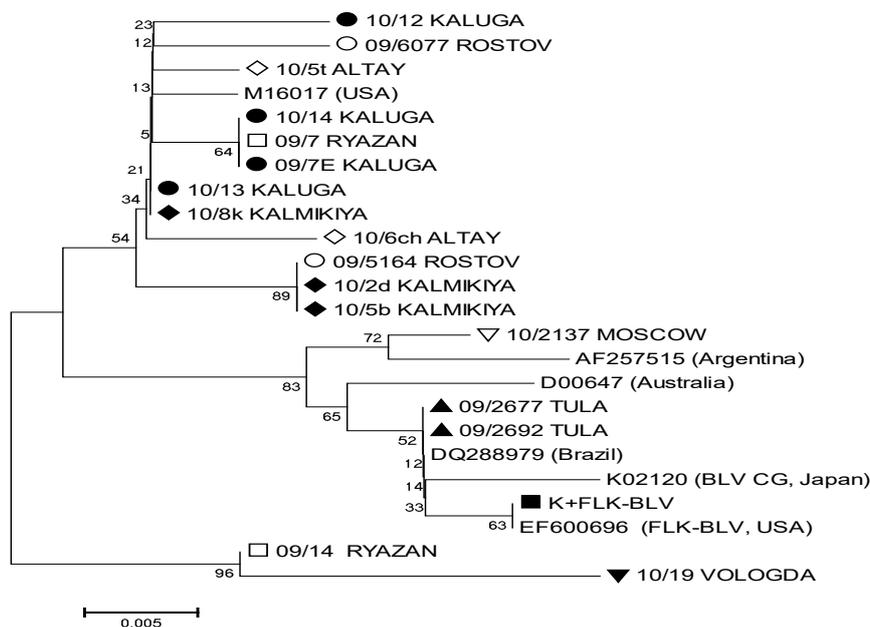


Рис. 2 – Ветвь филогенетического дерева

Fig. 2 – Branch of the phylogenetic tree

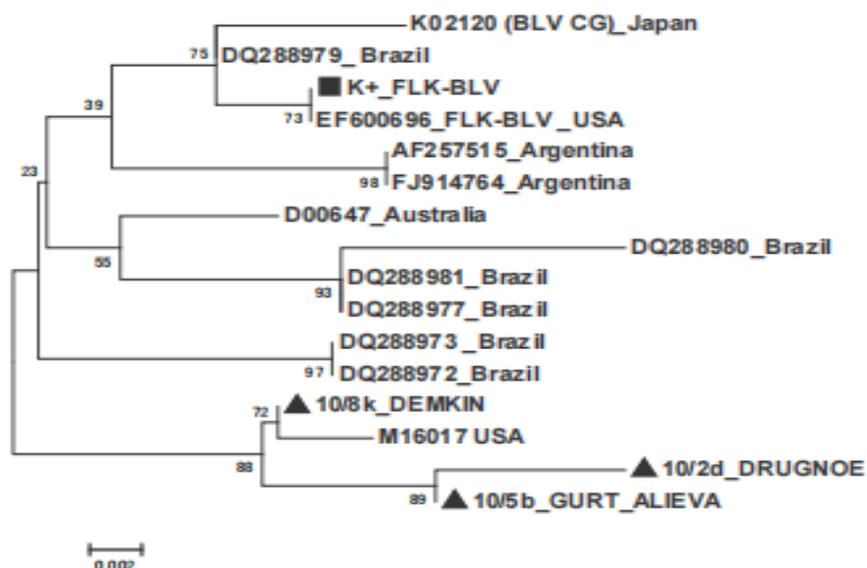


Рис. 3 – Ветвь филогенетического дерева

Fig. 3 – Phylogenetic tree branch

Проведенный филогенетический анализ показал полную нуклеотидную идентичность изолятов 09/2677 TULA и 09/2692 TULA с бразильским изолятом DQ288979. Высокая степень генетического сходства обнаружена с японским штаммом K02120 – 99,4 %, а также с американским изолятом EF600696 – 99,7 %. Полученные данные позволяют сделать вывод о потенциальном источнике заражения крупного рогатого скота в данном географическом регионе.

Дополнительно изолят 10/2137 MOSCOW демонстрирует 99 % генетическую схожесть с аргентинским штаммом AF257515, что указывает на возможные пути передачи патогена.

Обнаружена генетическая идентичность изолята 09/7 RYAZAN, 09/7E KALUGA, 10/14 KALUGA, а также 09/5164 ROSTOV, 10/5b KALMIKIYA и 10/2d KALMIKIYA, что свидетельствует о едином источнике инфекции или наличии общего предка в их филогенетической линии.

Филогенетический анализ нуклеотидных последовательностей гена *pol* вируса лейкоза крупного рогатого скота (BLV) выявил высокую степень сходства изолятов из Республики Калмыкия с референсными штаммами из различных географических регионов, включая Аргентину, Австралию, Японию, США и Бразилию. Однако, помимо нуклеотидных замен, важное значение имеют аминокислотные замены в кодируемом белке, которые могут влиять на функциональные свойства вируса, включая ферментативную активность обратной транскриптазы и интегразы, кодируемых геном *pol*.

В ходе исследования были обнаружены точечные нуклеотидные замены, преимущественно транзиционного типа (A→G, G→A, T→C), а также трансверсии (T→A). Некоторые из этих мутаций приводят к аминокислотным заменам в кодируемом белке. Например, замена A→G в определенных позициях гена *pol* может приводить к замене лизина на аргинин, что потенциально влияет на электростатические взаимодействия белка с нуклеиновыми кислотами. Аналогично, замена T→C может вызывать консервативные аминокислотные изменения, такие как изолейцин→валин, которые могут незначительно влиять на стабильность белка.

Высокая степень нуклеотидной идентичности калмыцких изолятов с изолятами из Ростовской и Калужской областей подтверждает их общее происхождение, что согласуется с данными о перемещении крупного рогатого скота между этими регионами. Однако наличие аминокислотных замен в гене *pol* у некоторых изолятов может указывать на адаптацию вируса к локальным условиям или накопление мутаций в процессе циркуляции.

Исследование 6 изолятов провируса вируса лейкоза крупного рогатого скота, выявленных в западной части Республики Калмыкия, показало высокий уровень их генетического сходства с изолятами из Аргентины, Австралии, Японии, США и Бразилии. В зависимости от используемой референсной последовательности уровень генетического сходства варьировал в диапазоне от 97 до 100 %. Анализ выявил идентичность штам-

ма из Калмыкии 10/8k_DEMKIN и изолята M16017_USA, а для двух других штаммов из Калмыкии – 10/2d_DRUGNOE и 10/5b_GURT_ALIEVA сходство составило 98–99 %.

Анализ нуклеотидной последовательности вируса помог выявить источник заражения животных в Республике Калмыкия. Генетическое сходство изолятов из Калмыкии с изолятами, обнаруженными в Ростовской и Калужской областях, подтверждается имеющимися документами о ввозе крупного рогатого скота из этих регионов в Калмыкию.

Обсуждение

Результаты филогенетического анализа изолятов вируса лейкоза крупного рогатого скота (BLV) из Республики Калмыкия демонстрируют их высокое генетическое сходство со штаммами из Аргентины, Бразилии, Австралии, Японии и США (97–100 % гомологии). Это подтверждает гипотезу о трансрегиональном распространении вируса через перемещение скота или другие эпидемиологические пути.

Полученные данные согласуются с результатами исследований, проведенных в других регионах мира, где также наблюдалось генетическое сходство изолятов BLV с международными штаммами [1; 3; 5]. Например, идентичность изолятов 09/2677 TULA и 09/2692 TULA с бразильским штаммом DQ288979 и высокая степень сходства с японским (K02120) и американским (EF600696) изолятами подтверждают гипотезу о глобальной циркуляции вируса. Однако обнаруженные различия с изолятами из Северной Италии (S83529) и некоторых регионов США (M10987, NC001414, AF033818) указывают на формирование отдельных филогенетических кластеров, что может быть связано с локальными мутациями или изоляцией популяций вируса.

Результаты исследования подтверждают, что BLV обладает высокой генетической изменчивостью, что характерно для ретровирусов. Наблюдаемые транзиции (A→G, G→A, T→C) и трансверсии (T→A) в нуклеотидных последовательностях согласуются с механизмами мутагенеза, описанными в литературе [6; 7]. Это подчеркивает важность мониторинга генетического разнообразия вируса для понимания его эволюции и адаптации.

Выявленное генетическое сходство изолятов из Калмыкии с изолятами из Ростовской и Калужской областей подтверждается данными о ввозе скота из этих регионов. Это ука-

зывает на необходимость усиления контроля за перемещением животных и внедрения строгих карантинных мер для предотвращения распространения BLV.

Одним из ограничений исследования является относительно небольшое количество проанализированных изолятов ($n = 6$), что может ограничивать обобщение результатов на всю популяцию BLV в регионе. Кроме того, отсутствие данных о клинических проявлениях заболевания у исследуемых животных не позволяет установить корреляцию между генетическими особенностями вируса и его патогенностью. Для более глубокого понимания эпидемиологии BLV рекомендуется расширить выборку и включить изоляты из других регионов России. Также целесообразно провести анализ полного генома вируса, что позволит выявить дополнительные мутации и их роль в патогенезе. Исследование клинических данных в сочетании с генетическим анализом может помочь установить связь между генотипом вируса и его вирулентностью.

Таким образом, полученные результаты вносят вклад в понимание генетического разнообразия BLV и его распространения в Республике Калмыкия. Они подчеркивают необходимость дальнейших исследований для разработки эффективных мер контроля и профилактики заболевания.

Заключение

В данной статье были изучены генетические особенности изолятов вируса лейкоза крупного рогатого скота (BLV), выделенных в Городовиковском районе Республики Калмыкия (Россия). Полученные результаты показали, что данные изоляты имеют высокое генетическое сходство (97–100 %) со штаммами из Аргентины, Австралии, Японии, США и Бразилии, что свидетельствует о возможных путях заноса вируса через международные торговые операции. Кроме того, была установлена генетическая связь между калмыцкими изолятами и образцами из Ростовской и Калужской областей, что подтверждается данными о ввозе скота из этих регионов России. В районах Калмыкии, где отсутствовал контакт местного скота с инфицированными животными, поголовье оставалось здоровым, что подчеркивает важность биологической изоляции для предотвращения распространения инфекции.

Ограничением исследования является недостаточное количество данных о локальных пу-

тях передачи вируса и факторах, способствующих его распространению внутри региона. Практическая значимость работы заключается в возможности применения разработанной методики для мониторинга BLV в других регионах России, а также для разработки мер по пре-

дотвращению заноса и контроля распространения вируса. В будущих исследованиях целесообразно изучить динамику распространения BLV, влияние различных факторов на его передачу, а также разработать стратегии повышения устойчивости скота к инфекции.

Вклад авторов

А. Я. Генджиев: концептуализация, методология, проведение исследования, написание – первоначальный проект, визуализация.

М. И. Гулюкин: методология, формальный анализ, курирование данных, написание – обзор и редактирование.

А. В. Убушиева: курирование данных, ресурсы, проведение исследования, визуализация.

Н. В. Чимидова: проведение исследования, формальный анализ, написание – обзор и редактирование.

В. А. Оробец: валидация, написание – обзор и редактирование.

Contributions

A. Y. Gendzhiev: conceptualization, methodology, investigation, writing – original draft, visualization.

M. I. Gulyukin: methodology, formal analysis, data curation, writing – review & editing.

A. V. Ubushieva: data curation, resources, investigation, visualization.

N. V. Chimidova: investigation, formal analysis, writing – review & editing.

V. A. Orobets: validation, writing – review & editing.

Конфликт интересов

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Список литературы / References

- Абакин С.С., Криворучко С.В., Пономаренко Д.Г., Борщев Е.А. Современный взгляд на особенности прижизненной диагностики и иммуногенез у телят в системе мать – потомство при лейкозе крупного рогатого скота. *Ветеринарная патология*. 2010;(1):6–9. EDN OBMMZZ
Abakin S.S., Krivoruchko S.V., Ponomarenko D.G., Borshchev E.A. Modern view on the features of lifetime diagnosis and immunogenesis in calves in the mother – offspring system in bovine leukemia. *Veterinary Pathology*. 2010;(1):6–9. (In Russ.). EDN OBMMZZ
- Генджиев А.Я., Джапова В.В., Чимидова Н.В., Убушиева А.В., Оробец В.А. Лейкоз крупного рогатого скота мясных пород и его взаимосвязь с группами крови. *Аграрный вестник Северного Кавказа*. 2024;3(55):4–8.
Gendzhiev A.Y., Dzhapsova V.V., Chimidova N.V., Ubushieva A.V., Orobets V.A. Leukosis of beef cattle and its relationship with blood groups. *Agrarian Bulletin of the North Caucasus*. 2024;3(55):4–8. (In Russ.).
- Генджиев А.Я., Абакин С.С. Значение комплексной диагностики при оздоровлении хозяйств Калмыкии от лейкоза крупного рогатого скота. *Ветеринарная патология*. 2018;4(66):12–19.
Gendzhiev A.Y., Abakin S.S. The importance of comprehensive diagnosis in the recovery of Kalmykia farms from bovine leukemia. *Veterinary Pathology*. 2018;4(66):12–19. (In Russ.).
- Генджиева О.Б. Филогенетическое сравнение вируса лейкоза крупного рогатого скота. *Вестник Калмыцкого университета*. 2012;2(14):10–16.
Gendzhieva O.B. Phylogenetic comparison of bovine leukemia virus. *Bulletin of Kalmyk University*. 2012;2(14):10–16. (In Russ.).
- Гулюкин М.И., Иванова Л.А., Генджиева О.Б., Козырева Н.Г. Генотипирование изолятов ВЛКРС, распространенных на территории Республики Калмыкия. *Ветеринария Кубани*. 2012;(4):4–7.
Gulyukin M.I., Ivanova L.A., Gendzhieva O.B., Kozyreva N.G. Genotyping of BLV isolates spread at the territory of the Republic of Kalmykia. *Veterinaria Kubani*. 2012;(4):4–7. (In Russ.).

6. Гулюкин М.И., Барабанов И.И., Иванов Л.А. и др. Мониторинг эпизоотической ситуации по лейкозу крупного рогатого скота в товарных и племенных хозяйствах РФ за 2014–2015 гг. *Ветеринария и кормление*. 2016;(4):4–41. EDN WFIZOZ
Gulyukin M.I., Varabanov I.I., Ivanov L.A. et al. Monitoring of the epizootic situation of bovine leukemia in commercial and breeding farms of the Russian Federation for 2014–2015. *Veterinary Medicine and Feeding*. 2016;(4):4–41. (In Russ.). EDN WFIZOZ
7. Донник И.М., Петропавловский М.В., Макутина В.А., Гулюкин М.И., Барсуков Ю.И. Современная ситуация по распространению лейкоза крупного рогатого скота в Российской Федерации. *Ветеринария*. 2024;11:18–22. <https://doi.org/10.30896/0042-4846.2024.27.11.18-22>
Donnik I.M., Petropavlovsky M.V., Makutina V.A., Gulyukin M.I., Barsukov Y.I. Current situation of bovine leukemia virus spread in the Russian Federation. *Veterinary Medicine*. 2024;11:18–22. (In Russ.). <https://doi.org/10.30896/0042-4846.2024.27.11.18-22>
8. Козырева Н.Г. Филогенетический анализ участка гена pol изолятов провируса лейкоза КРС, обнаруженных у животных из различных хозяйств регионов Российской Федерации. *Доклады РАСХН*. 2011;(6):48–50.
Kozyreva N.G. Phylogenetic analysis of the pol gene fragment of bovine leukemia virus isolates detected in animals from various farms in the regions of the Russian Federation. *Vestnik RASHN*. 2011;(6):48–50. (In Russ.).
9. Крикун В.А. Лейкоз крупного рогатого скота и иммунологическая толерантность. *Ветеринария*. 2002;(6):7–9.
Krikun V.A. Bovine leukemia and immunological tolerance. *Veterinary Medicine*. 2002;(6):7–9. (In Russ.).
10. Прохвятилова Л.Б., Ломакин А.И., Колосов С.Н., Дрыгин В.В., Рыбаков С.С., Гусев А.А. Диагностика лейкоза КРС методом полимеразной цепной реакции. *Вестник РАСХН*. 1998;(5):65–68.
Prokhvatilova L.B., Lomakin A.I., Kolosov S.N., Drygin V.V., Rybakov S.S., Gusev A.A. Diagnosis of cattle leukemia by polymerase chain reaction method. *Vestnik RASHN*. 1998;(5):65–68. (In Russ.).
11. Руденко А.В., Басангова Р.В., Убушиева А.В., Генджиев А.Я., Моисейкина Л.Г., Генджиева О.Б. Детекция провирусной ДНК BLV в иксодовых клещах. *Ветеринария Кубани*. 2015;(5):10–13.
Rudenko A.V., Basangova R.V., Ubushieva A.V., Gendzhiev A.Y., Moiseikina L.G., Gendzhieva O.B. Detection of proviral DNA of BLV in ixodid ticks. *Veterinaria Kubani*. 2015;(5):10–13. (In Russ.).
12. Убушиева А.В., Убушиева В.С., Натыров А.К., Чимидова Н.В., Генджиев А.Я. Влияние детекции провирусной ДНК-BLV в иксодовых клещах на распространение вируса лейкоза. *Стратегия развития АПК России на основе рационального использования региональных генетических и сырьевых ресурсов : материалы Международной научно-практической конференции*. Волгоград, 2024. С. 25–30.
Ubushieva A.V., Ubushieva V.S., Natyrov A.K., Chimidova N.V., Gendzhiev A.Y. The influence of proviral DNA-BLV detection in ixodid ticks on the spread of the virus leukemia. *Strategy for the Development of the Agro-Industrial Complex of Russia Based on the Rational Use of Regional Genetic and Raw Material Resources : proceedings of the International Scientific and Practical Conference*. Volgograd, 2024. P. 25–30. (In Russ.).
13. Abakin S.S., Krasovskaya T.L. On the protection of cattle breeding stock from infectious diseases in the farms of Stavropol Krai. *Collection of scientific works of the All-Russian Research Institute of Sheep and Goat Breeding*. 2014;2:335–340.
14. Felmer R.G. Molecular analysis of a 444 bp fragment of the BLV gp51 env gene reveals a high frequency of non-silent point mutations and suggests the presence of two subgroups of BLV in Chile. *Vet. Microbiology*. 2005;108:39–47. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2005.04.005>
15. Gendzhiev A.Y., Mashtykov S.S., Ubushieva V.S., Ubushieva A.V., Abakin S.S. Development of anti-leukemia measures in livestock farms of Kalmykia on the basis of complex diagnosis of the disease. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2020;012074. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/422/1/012074>
16. Gulyukin M.I., Kozyreva N.G., Genjieva O.B., Ivanova L.A. Genotyping of BLV isolates distributed in the territory of the Republic of Kalmykia. *Veterinaria Kubani*. 2012;4.
17. Licursi M., Inoshima Y., Wu D., Yokoyama T., Gonzales E.T., Sentsui H. Genetic heterogeneity of bovine leukemia virus genotypes and its relation to humoral responses in hosts. *Virus Research*. 2002;86:101–110. [https://doi.org/10.1016/s0168-1702\(02\)00059-x](https://doi.org/10.1016/s0168-1702(02)00059-x)

18. Polat M., Takeshima S., Aida Y. Epidemiology and genetic diversity of bovine leukemia virus. *Virology Journal*. 2017;14:209. <https://doi.org/10.1186/s12985-017-0876-4>
19. Polat M., Takeshima S., Hosomichi K. et al. A new genotype of bovine leukemia virus in South America identified by NGS-based whole genome sequencing and molecular evolutionary genetic analysis. *Retrovirology*. 2016;13:4. <https://doi.org/10.1186/s12977-016-0239-z>
20. Kobayashi T., Inagaki Y., Ohnuki N., Sato R., Murakami S., Imakawa K. Increasing Bovine leukemia virus (BLV) proviral load is a risk factor for progression of Enzootic bovine leucosis: A prospective study in Japan. *Preventive Veterinary Medicine*. 2019;178:104680. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2019.04.009>

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Генджи́ев Александр Ялмтаевич – кандидат ветеринарных наук, доцент, Калмыцкий государственный университет имени Б. Б. Городовикова, г. Элиста, Россия
<https://orcid.org/0009-0005-3946-689X>
SPIN-код: [6864-1547](https://orcid.org/0009-0005-3946-689X)
gend-alex08@mail.ru

Гулюкин Михаил Иванович – доктор ветеринарных наук, профессор, академик РАН, Федеральный научный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии имени К. И. Скрябина и Я. Р. Коваленко Российской академии наук, г. Москва, Россия
<https://orcid.org/0000-0002-7489-6175>
SPIN-код: [3910-2067](https://orcid.org/0000-0002-7489-6175)
gulukin@viev.ru

Убушиева Алтана Вадимовна – кандидат биологических наук, старший преподаватель, Калмыцкий государственный университет имени Б. Б. Городовикова, г. Элиста, Россия
<https://orcid.org/0000-0002-9916-7972>
SPIN-код: [7219-0185](https://orcid.org/0000-0002-9916-7972)
ameli-altanas@mail.ru

Чимидова Надежда Васильевна – кандидат биологических наук, доцент, Калмыцкий государственный университет имени Б.Б. Городовикова, г. Элиста, Россия
<https://orcid.org/0000-0003-3043-091X>
SPIN-код: [3221-7432](https://orcid.org/0000-0003-3043-091X)
nadezhdatchimidova@yandex.ru

Оробец Владимир Александрович – доктор ветеринарных наук, профессор, Ставропольский государственный аграрный университет, г. Ставрополь, Россия
<https://orcid.org/0000-0002-4774-263X>
SPIN-код: [6207-2121](https://orcid.org/0000-0002-4774-263X)
orobets@yandex.ru

ABOUT THE AUTHORS

Alexander Y. Gendzhiev – Cand. Sci.(Vet.), Assoc. Prof., Kalmyk State University named after B. B. Gorodovikov, Elista, Russia
<https://orcid.org/0009-0005-3946-689X>
gend-alex08@mail.ru

Mikhail I. Gulyukin – Dr. Sci. (Vet.), Prof., Academician of the Russian Academy of Sciences, Federal Research Center – All-Russian Research Institute of Experimental Veterinary Medicine named after K. I. Scriabin and Ya. R. Kovalenko of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia
<https://orcid.org/0000-0002-7489-6175>
gulukin@viev.ru

Altana V. Ubushieva – Cand. Sci.(Biol.), Sen. Lec. Kalmyk State University named after B. B. Gorodovikov, Elista, Russia
<https://orcid.org/0000-0002-9916-7972>
ameli-altanas@mail.ru

Nadezhda V. Chimidova – Cand. Sci.(Biol.), Assoc. Prof., Kalmyk State University named after B. B. Gorodovikov, Elista, Russia
<https://orcid.org/0000-0003-3043-091X>
nadezhdatchimidova@yandex.ru

Vladimir A. Orobets – Dr. Sci. (Vet.), Prof., Stavropol State Agrarian University, Stavropol, Russia
<https://orcid.org/0000-0002-4774-263X>
orobets@yandex.ru



UCOHMR

<https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-2-25-41>

EDN UCOHMR

УДК 619:616

Поступила: 02.04.2025

Доработана: 07.06.2025

Принята: 09.06.2025

Патоморфологические и дифференциально-диагностические признаки лимфомы селезенки у собак

✉ Н.В. Митрохина^{1,2}, Л.Ф. Сотникова¹¹ Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ), г. Москва, Россия² Ветеринарная лаборатория «ВЕТЛАБ», г. Москва, Россия✉ nv@mitrokhina.ru

Аннотация

Введение. Отсутствие ветеринарных гистологических классификаций, основанных на гистогенезе опухолей затрудняет проведение морфологической диагностики лимфомы у собак. Сложности в морфологической диагностике чаще всего вызывают: разнообразие клеточных вариантов опухолей, развивающихся из клеток на разной стадии дифференцировки; общность происхождения лимфоидных клеток и множество этиологических факторов развития опухоли. В связи с этим возникает необходимость в тщательном изучении различных морфологических типов лимфом с целью выявления их дифференциально-диагностических признаков и гистогенетической принадлежности.

Цель. Представить научно обоснованный подход к морфологической диагностике лимфом у собак, основанный на принципе гистогенетического происхождения клеток.

Материалы и методы. Были отобраны гистологические блоки, содержащие ткань селезенки собак. При помощи микротомии были выполнены гистологические препараты, которые окрасили гематоксилином и эозином. Препараты изучали методом прямой микроскопии.

Результаты. Были изучены 50 селезенок собак. 15 препаратов содержали опухоль со структурой лимфомы. Из них 4 случая – это лимфома из малых лимфоцитов, 9 В-крупноклеточных лимфом, 1 лимфоплазмочитарная лимфома и 1 лимфома из клеток маргинальной зоны. Определены морфологические признаки лимфомы.

Заключение. Применение гистологического исследования с оценкой гистогенеза, клеточного состава и типа роста опухоли позволяет точно диагностировать лимфопролиферативные заболевания у животных, что имеет ключевое значение для прогнозирования течения болезни и выбора терапии в ветеринарной онкологии.

Ключевые слова: Лимфома селезенки собак, иммунобласт, параиммунобласт, патоморфологические изменения селезенки, лимфоцит, нуклеола, хроматин

Для цитирования: Митрохина Н.В., Сотникова Л.Ф. Патоморфологические и дифференциально-диагностические признаки лимфомы селезенки у собак. *Аграрный вестник Северного Кавказа*. 2025;15(2):25–41. <https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-2-25-41> EDN UCOHMR

<https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-2-25-41>

EDN UCOHMR

Received: 02.04.2025

Revised: 07.06.2025

Accepted: 09.06.2025

Pathomorphological and Differential Diagnostic Features of Canine Splenic Lymphoma

✉ **Natalia V. Mitrokhina**^{1,2}, **Larisa F. Sotnikova**¹

¹ Russian Biotechnological University (BIOTECH University), Moscow, Russia

² VETLAB Veterinary Laboratory, Moscow, Russia

✉ nv@mitrokhina.ru

Abstract

Introduction. The lack of veterinary histological classifications based on tumor histogenesis complicates the morphological diagnosis of canine lymphoma. Diagnostic challenges primarily arise from: (1) the diversity of cellular variants originating from cells at different differentiation stages, (2) the common origin of lymphoid cells, and (3) multiple etiological factors in tumor development. This necessitates a comprehensive study of various lymphoma morphological types to identify their differential diagnostic features and histogenetic origins.

Aim. To develop a scientifically grounded approach for morphological diagnosis of canine lymphomas based on the principle of cellular histogenesis.

Materials and methods. Histological blocks containing canine spleen tissue were selected. Tissue sections were prepared using microtomy and stained with hematoxylin and eosin. Specimens were examined via direct microscopy.

Results. Fifty canine spleens were analyzed. Fifteen specimens exhibited lymphoma structures, including: 4 small lymphocyte lymphomas; 9 B-cell large cell lymphomas; 1 lymphoplasmacytic lymphoma; 1 marginal zone lymphoma. Distinct morphological features of lymphomas were identified.

Conclusions. Histological evaluation incorporating histogenesis analysis, cellular composition and tumor growth patterns enables accurate diagnosis of lymphoproliferative disorders in animals. This approach is critical for disease prognosis and therapeutic decision-making in veterinary oncology.

Keywords. Canine spleen lymphoma, immunoblast, paraimmunoblast, spleen pathomorphological changes, lymphocyte, nucleola, chromatin

To cite: Mitrokhina N.V., Sotnikova L.F. Pathomorphological and Differential Diagnostic Features of Spleen Lymphoma in Dogs. *Agrarian Bulletin of the North Caucasus*. 2025;15(2):25–41. (In Russ.). <https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-2-25-41> EDN UCOHMR

Введение

Лимфома – гетерогенная группа заболеваний, характеризующаяся неопластической пролиферацией незрелых лимфоидных клеток, накапливающихся вне костного мозга [1]. Опухоли собак являются моделью опухолей человека. Это связано с тем, что у собак и человека есть сходства в развитии новообразований, что и заложено в гистогенетический принцип построения гистологических классификаций. Причины развития этой патологии остаются до конца не изученными [2]. Экстранодальные лимфомы встречаются редко и создают проблемы для дифференциальной диагностики с первичными или вторичными поражениями. Клиническая картина экстранодальной лимфомы зависит от первичной локализации и степени распространения процесса. Симптомы первичной лимфомы селезенки неспецифичны: потеря веса, слабость, лихорадка и боль в левом подреберье; возможны проявления специфических симптомов из-за инвазии лимфомы в соседние органы (желудок, поджелудочная железа, диафрагма, толстая кишка или брыжейка) [3]. Ошибочная оценка ситуации также возможна вследствие ранее перенесенных заболеваний гепатопанкреатобилиарной зоны и их остаточных проявлений [3].

Тенденция к неуклонному росту заболеваемости лимфомами и быстро меняющийся ландшафт лечения с внедрением инновационных схем и препаратов требуют актуализации патоморфологических данных [3–5].

Гистологическое исследование селезенки с признаками поражения лимфомой выявляет нарушение структуры органа, редукцию лимфоидных фолликулов, резкое полнокровие кровеносных сосудов. Выявляется диффузная инфильтрация ткани лимфоидными клетками мелких и средних размеров с округло-овальными и неправильной формы ядрами, умеренно выраженной светлой цитоплазмой. Отмечается расширение синусов, заполнение некоторых из них мелкими лимфоидными клетками с описанной морфологией, часть синусов выявляет признаки полнокровия, стенки артериол утолщены.

Некоторые авторы [1] указывают на наличие массивных очагов некроза, среди которых выявляются мономорфные нодулярные структуры. Е. А. Лагарникова, И. Н. Шиман и др. [3] описывают клетки малого и среднего размера с округлыми, овальными, несколько угловатыми ядрами с малозаметной нуклеолой и небольшим бледно-окрашенным ободком цитоплазмы. Среди описанных клеток

авторы отмечают наличие фолликулярных дендритических клеток с парными ядрами и одиночной, центрально расположенной нуклеолой.

А. Н. Хвастунова, Л. С. Альради, О. С. Федянина [6] описывают атипичные опухолевые лимфоциты среднего и большого размера, имеющие округлое ядро, часто с вмятинами, расщепленное, с глыбчатой или сглаженной структурой хроматина, возможно, с наличием нуклеол. Цитоплазма этих клеток широкая, голубого цвета с перинуклеарным просветлением, может иметь тонкие короткие выросты, часто локализованные на одном из полюсов клетки. В цитоплазме может наблюдаться вакуолизация.

Несмотря на описанные морфологические особенности клеток лимфомы селезенки, ряд авторов отмечают сложности патоморфологической диагностики данного заболевания. Л. С. Альради, Т. Н. Моисеева, У. Л. Джулакян и др. [5] в своей статье описывают несколько клинических случаев лимфомы селезенки, где она характеризуется как редкое (менее 1 % всех лимфом) зрелоклеточное лимфо-пролиферативное заболевание медленного течения. К типичным проявлениям лимфомы авторы относят массивную спленомегалию, лейкомизацию, выражающуюся лейкоцитозом с лимфоцитозом. Однако эти клинические признаки не являются дифференцирующими для лимфо-пролиферативных заболеваний, поэтому в диагностике указанной патологии важная роль принадлежит именно морфологическому методу исследования.

Данная работа выполнена с целью изучения клеточных и тканевых особенностей различных морфологических вариантов лимфомы селезенки, связанных с гистогенетическим происхождением опухолевых клеток.

Материалы и методы

Материалы

Исследование проводилось на базе сети ветеринарных лабораторий ВЕТЛАБ. Материал поступал в лабораторию из разных ветеринарных клиник. Объект исследования – 50 селезенки собак с признаками опухолевого и не опухолевого поражения. Выбран материал, который поступил в лабораторию в течение 2024 года. Все собаки были разных возрастных групп и пород. Критерии, по которым проводился отбор материала, были следующими:

- анамнез и клинические признаки: увеличение селезенки в размере, кахексия, одышка, выпот в брюшную полость, анемия;

- макроскопические признаки: наличие новообразования селезенки, нарушение рисунка органа, наличие очагов некроза и кровоизлияний, механическое повреждение ткани.

В опыт не включали селезенки без видимых изменений.

Методы

Преаналитический этап исследования включал в себя гистологическую вырезку биопсийного материала. На исследование брали фрагменты селезенки из зоны видимого поражения. Диаметр отобранных образцов был 1–2 см². Образцы прошли гистологическую проводку и заливку в парафиновые блоки. Гистологическая проводка материала проводилась по общепринятому протоколу: спирт 96 % – 6 часов, ксилол – 3 часа, парафин – 3 часа.

Для заливки использовалась автоматическая заливочная станция KEDDE KD-ВМII. Микротомия парафинового блока была проведена на полуавтоматическом микротоме Rotary 3004M. Гистологические срезы выполнены толщиной 4 мкм, фиксированы на предметном стекле и окрашены гематоксилином и эозином в автоматическом автостейнере. Протокол окрашивания препаратов включал следующие этапы: ксилол – 10 мин, спирт 96 % – 15 мин, гематоксилин Майера – 20 мин, соляная кислота – 10 с, дистиллированная вода – 10 мин, раствор эозина – 10 мин.

Аналитический этап исследования заключался в микроскопии гистологических препаратов, которая осуществлялась на микроскопе Micro Screen при увеличении в 400 раз.

Морфологическое описание препаратов проводилось по следующей схеме: гистологическое описание лимфомы с указанием типа роста (диффузный, нодулярный и т. п.), характеристики клеточного состава (мелкие, крупные клетки, полиморфный состав, анапластическая, бластная/бластоидная морфология, наличие многоядерных форм, характеристика ядер), наличия реактивных и резидуальных компонентов.

Результаты

Из 50 препаратов селезенки 15 содержали ткань лимфомы с разными патоморфологическими признаками.

Случай 1 (рисунок 1). Рост опухоли диффузный, формирование нодулярных структур не выявляется. Клеточный состав опухоли мonomорфный, опухоль состоит из клеток мелкого и среднего размера (стрелка 1) с лимфоцитарными признаками дифференцировки. Ядра клеток округлые, содержат комковатый хроматин, в некоторых ядрах отчетливо дифференцируется нуклеола. В препарате определяются единичные двуядерные клетки крупного размера (стрелка 2) с морфологическими признаками параиммунобластов.

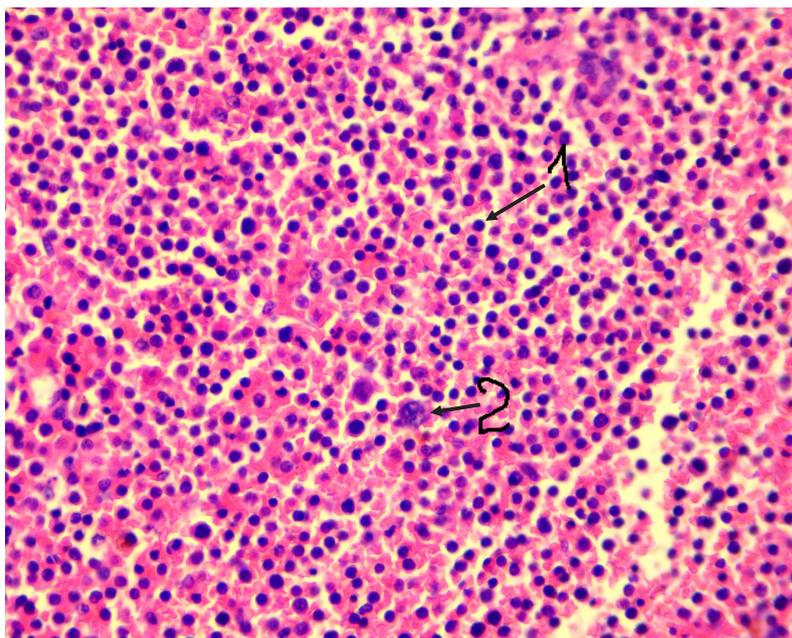


Рис. 1 – Лимфома из малых лимфоцитов (лимфоцитарная лимфома). Окраска гематоксилином и эозином, увеличение x400

Fig. 1 – Lymphoma from small lymphocytes (lymphocytic lymphoma). Hematoxylin and eosin staining, x400 magnification

Случай 2 (рисунки 2, 3). Опухоль с диффузной формой роста, клеточный состав ткани опухоли относительно полиморфный. Определяются поля крупных клеток (стрелка 1) с морфологическими признаками центробластов и иммунобластов. Встречаются клетки с расщепленными ядрами. Поверхность ядерных мембран не ровная. Ядерный

хроматин глыбчатый, комковатый. В ядрах четко дифференцируются множественные пузырьковидные нуклеолы.

В ткани опухоли выявляются двуядерные и многоядерные клетки, расположенные диффузно в опухолевом субстрате и в периферической ткани селезенки (рисунок 3, показано стрелкой).

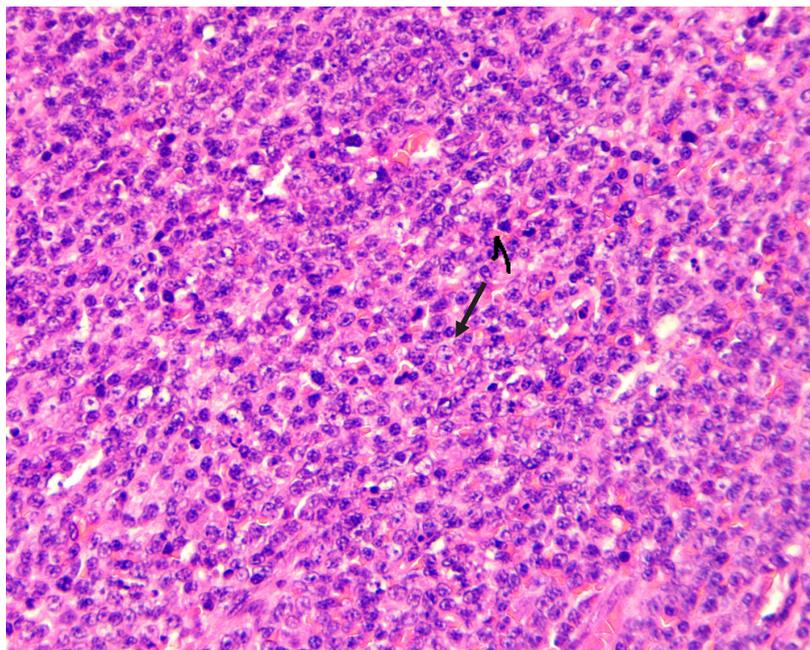


Рис. 2 – Диффузная В-крупноклеточная лимфома.

Окраска гематоксилином и эозином, увеличение x400

Fig. 2 – Diffuse B-large cell lymphoma. Hematoxylin and eosin staining, x400 magnification

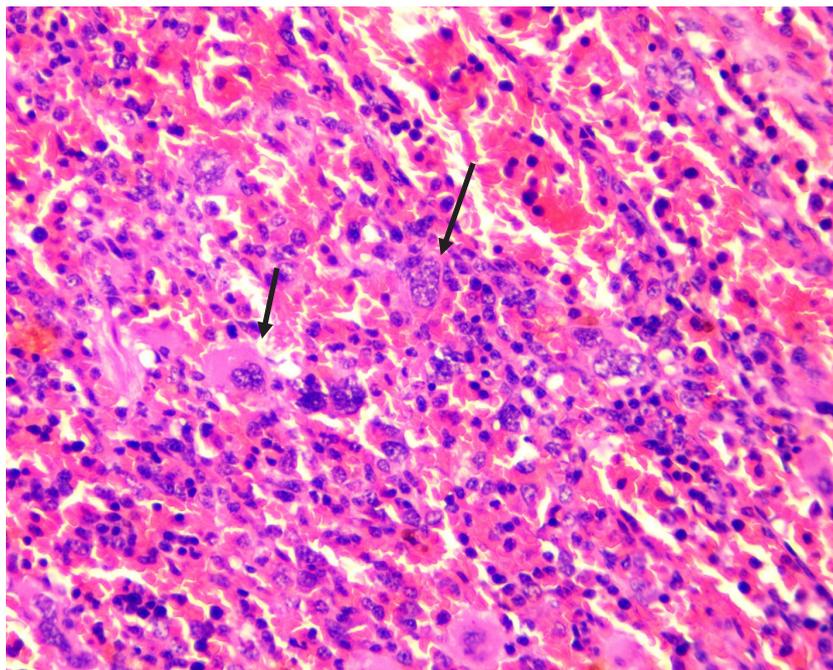


Рис. 3 – Диффузная В-крупноклеточная лимфома. Окраска гематоксилином и эозином, увеличение x400

Fig. 3 – Diffuse B-large cell lymphoma. Hematoxylin and eosin staining, x400 magnification

Случай 3 (рисунок 4). Опухоль с диффузной формой роста, нодулярные структуры не выявляются. Клеточный компонент опухоли мономорфный. Определяются поля атипичных клеток с бластоидной дифференцировкой (стрелка 1). Клетки крупные. Ядра клеток крупные, округлой формы, содержат мелкодисперсный хроматин, делающий ядра более светлыми. Четко дифференцируется крупная нуклеола. Ткань опухоли содержит патологические фигуры митоза (стрелка 2).

Случай 4 (рисунок 5). Опухоль образована диффузным инфильтратом, состоящим

из мелких мономорфных клеток с морфологическими признаками малых лимфоцитов (стрелка 1). Клетки имеют округлые, эксцентричные ядра, содержащие комковатый грубый хроматин. Иногда в ядрах дифференцируются мелкие нуклеолы. Определяются тонкостенные сосуды капиллярного типа (стрелка 2). Встречаются единичные клетки с морфологическими признаками параиммунобластов (стрелка 3). Клетки крупные, неправильной формы. Ядра клеток на поверхности содержат инвагинации.

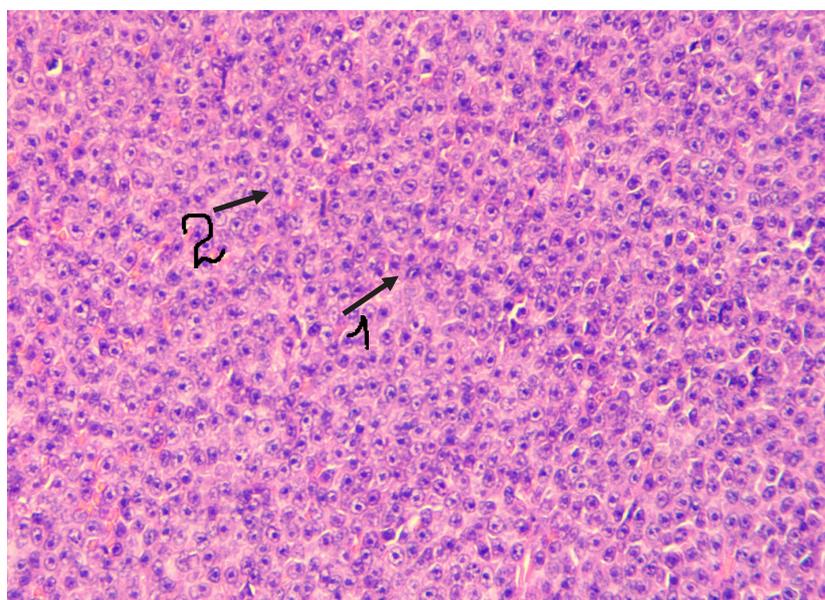


Рис. 4 – Диффузная В-крупноклеточная лимфома.

Окраска гематоксилином и эозином, увеличение x400

Fig. 4 – Diffuse B-large cell lymphoma. Hematoxylin and eosin staining, x400 magnification

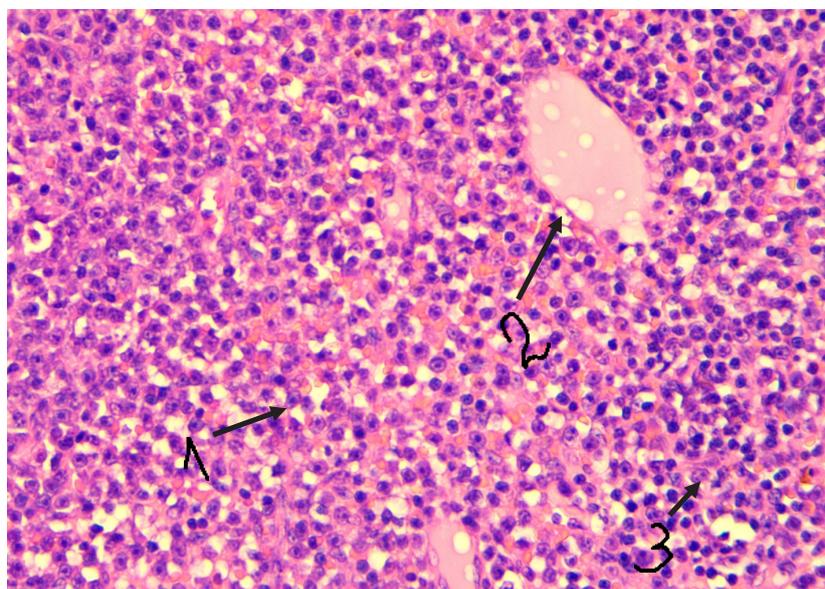


Рис. 5 – Лимфома из малых лимфоцитов. Окраска гематоксилином и эозином, увеличение x400

Fig. 5 – Lymphoma from small lymphocytes. Hematoxylin and eosin staining, x400 magnification

Случай 5 (рисунок 6). Морфологический субстрат опухоли представлен центробластами, иммунобластами, клетками с многодольчатыми ядрами, клетками с полиморфными ядрами (показано стрелкой). До 90 % клеток в субстрате данной опухоли имеют морфологические признаки иммунобластов, что определяет ее морфологический вариант. Опухоль с высокой пролиферативной активностью, ткань содержит множественные фигуры митоза.

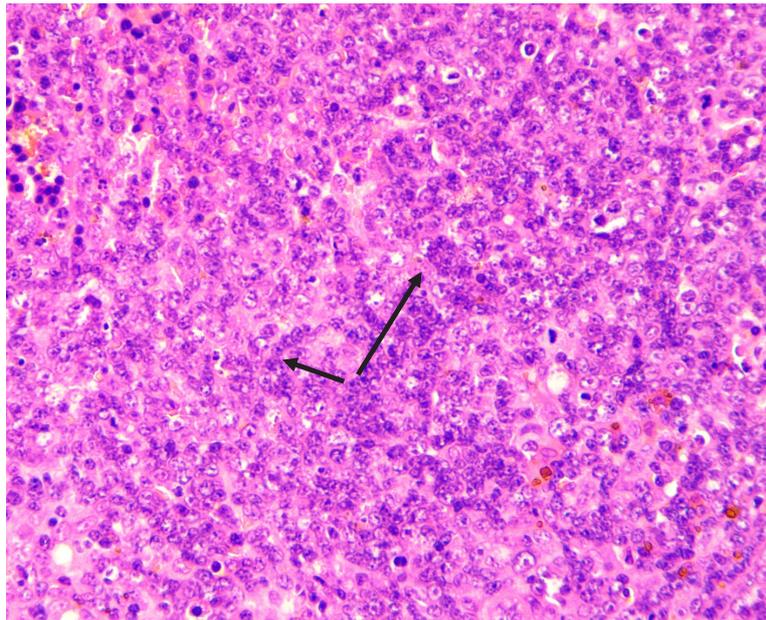


Рис. 6 – Диффузная В-крупноклеточная лимфома.

Окраска гематоксилином и эозином, увеличение x400

Fig. 6 – Diffuse B-large cell lymphoma. Hematoxylin and eosin staining, x400 magnification

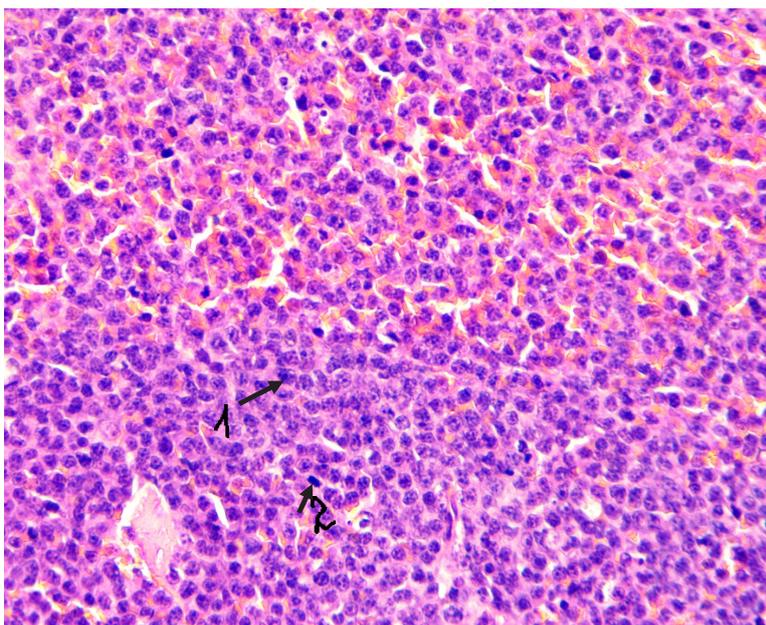


Рис. 7 – Диффузная В-крупноклеточная лимфома.

Окраска гематоксилином и эозином, увеличение x400

Fig. 7 – Diffuse B-large cell lymphoma. Hematoxylin and eosin staining, x400 magnification

Случай 7 (рисунок 8). Опухоль образована диффузным инфильтратом, состоящим из мелких мноморфных клеток с морфологическими признаками малых лимфоцитов (стрелка 1). Нодулярные структуры не определяются. Клетки имеют округлые ядра, содержащие комковатый хроматин. В некоторых ядрах дифференцируются мелкие нуклеолы. Встречаются единичные клетки с морфологическими признаками параиммунобластов (стрелка 2). Клетки крупные, неправильной формы. Ядра клеток на поверхности содержат инвагинации.

Случай 8 (рисунок 9). В ткани опухоли нодулярные структуры не выявляются, опухоль с диффузной формой роста. Клеточный компонент опухоли относительно мноморфный. Определяются поля атипичных клеток с бластоидной дифференцировкой (стрелка 1). Клетки крупные. Ядра клеток крупные, округлой формы, содержат мелкодисперсный хроматин, делающий ядра более светлыми. В ядрах содержится крупная нуклеола. Опухоль с высоким митотическим индексом, ткань опухоли содержит патологические фигуры митоза (стрелка 2).

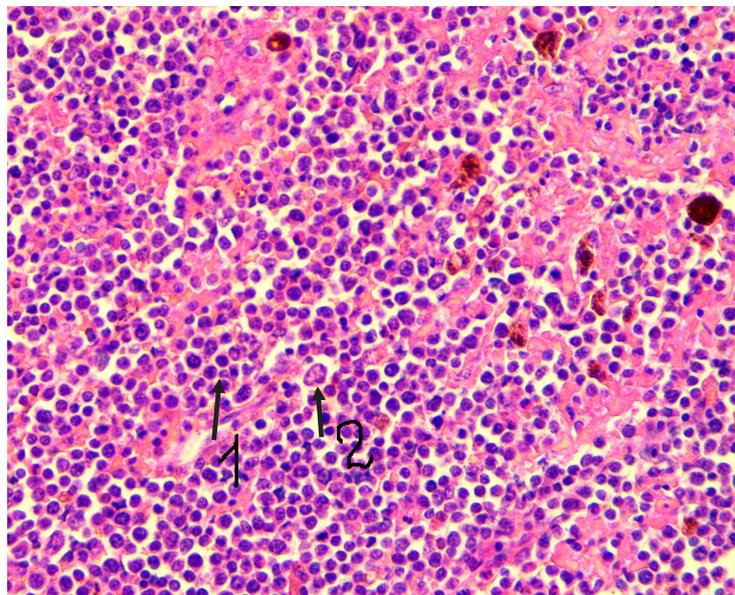


Рис. 8 – Лимфома из малых лимфоцитов.

Окраска гематоксилином и эозином, увеличение x400

Fig. 8 – Lymphoma from small lymphocytes. Hematoxylin and eosin staining, x400 magnification

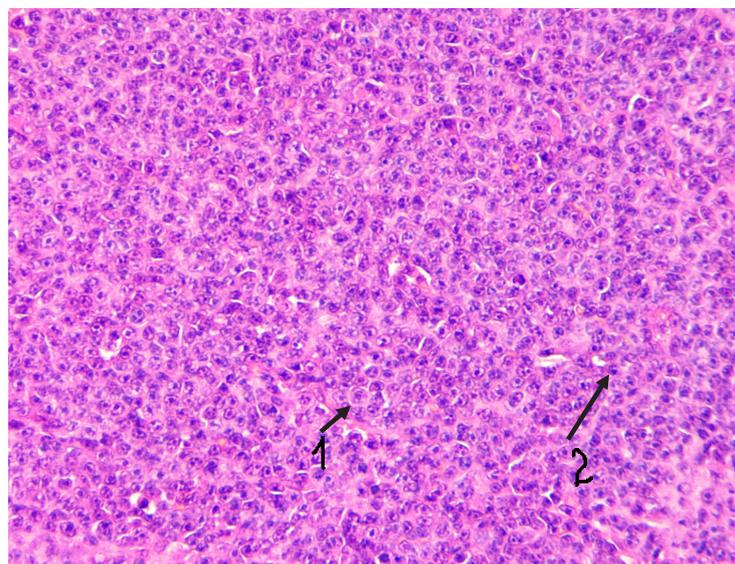


Рис. 9 – Диффузная В-крупноклеточная лимфома.

Окраска гематоксилином и эозином, увеличение x400

Fig. 9 – Diffuse B-large cell lymphoma. Hematoxylin and eosin staining, x400 magnification

Случай 9 (рисунок 10). Опухоль с диффузной формой роста, нодулярные структуры не формирует. Клеточный состав ткани полиморфный. Данная опухоль В-клеточная, образована мелкими лимфоцитоподобными клетками (стрелка 1), лимфоидными клетками с плазмочитарной дифференцировкой (стрелка 2), плазматическими клетками (стрелка 3). Полиморфные клеточные ядра содержат петлистый глыбчатый хроматин, в некоторых ядрах дифференцируются одна или несколько нуклеол.

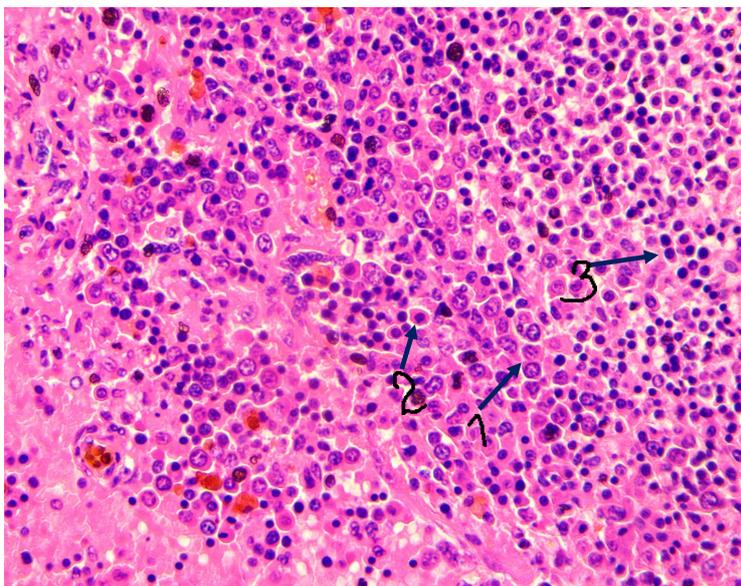


Рис. 10 – Лимфоплазмочитарная лимфома.

Окраска гематоксилином и эозином, увеличение x400

Fig. 10 – Lymphoplasmocytic lymphoma. Hematoxylin and eosin staining, x400 magnification

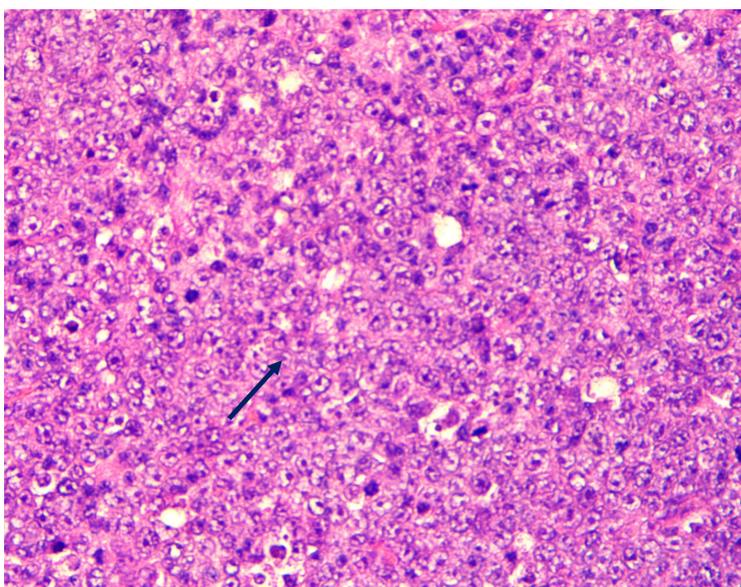


Рис. 11 – Диффузная В-крупноклеточная лимфома.

Окраска гематоксилином и эозином, увеличение x400

Fig. 11 – Diffuse B-large cell lymphoma. Hematoxylin and eosin staining, x400 magnification

Случай 11 (рисунок 12). Опухоль образована массивными инфильтратами, состоящими из крупных атипичных клеток. Морфологический субстрат опухоли представлен центробластами, иммунобластами, встречаются клетки с полиморфными ядрами (показано стрелкой). До 90 % клеток в субстрате данной опухоли имеют морфологические признаки иммунобластов, что определяет ее морфологический вариант.

Случай 12 (рисунок 13). Опухоль образована диффузным инфильтратом, состоящим из мелких мноморфных клеток с морфологическими признаками малых лимфоцитов (показано стрелкой). Нодулярные структуры не определяются. Клетки имеют округлые ядра, содержащие комковатый гетерохроматин. В некоторых ядрах дифференцируются мелкие единичные или множественные нуклеолы.

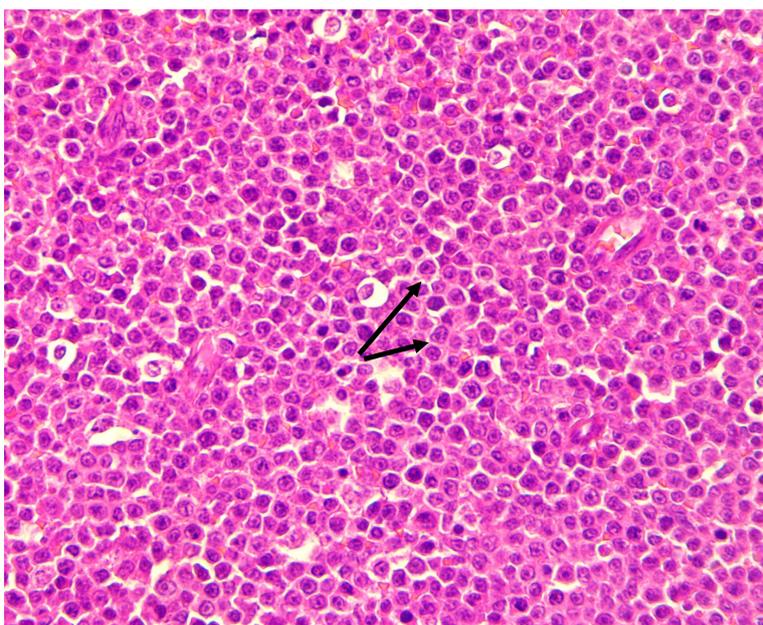


Рис. 12 – Диффузная В-крупноклеточная лимфома. Окраска гематоксилином и эозином, увеличение x400

Fig. 12 – Diffuse B-large cell lymphoma. Hematoxylin and eosin staining, x400 magnification

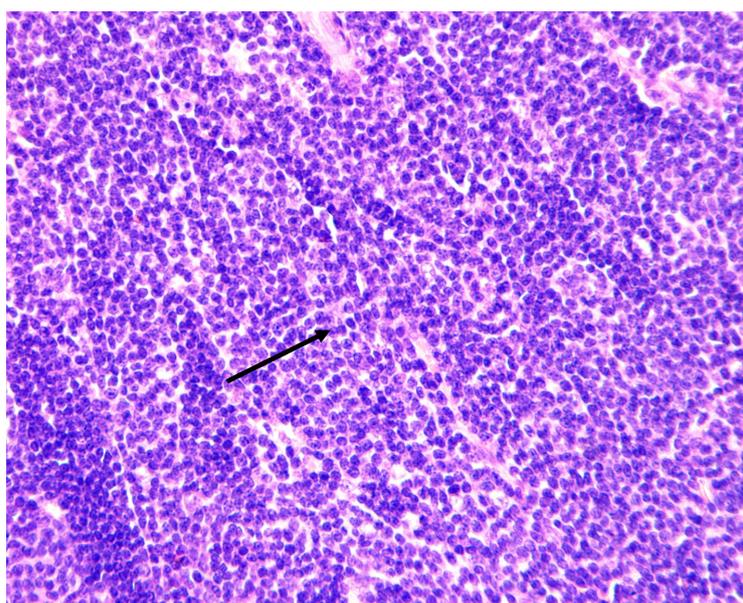


Рис. 13 – Лимфома из малых лимфоцитов.

Окраска гематоксилином и эозином, увеличение x400

Fig. 13 – Lymphoma from small lymphocytes. Hematoxylin and eosin staining, x400 magnification

Случай 13 (рисунок 14). Опухоль с диффузной формой роста, клеточный состав ткани опухоли полиморфный. Определяются поля крупных клеток (стрелка 1) с морфологическими признаками центробластов и иммунобластов. Встречаются клетки с расщепленными ядрами. Поверхность ядерных мембран не ровная. Ядерный хроматин глыбчатый, комковатый. В ядрах четко дифференцируются множественные пузырьковидные нуклеолы. В ткани опухоли выявляются двуядерные и многоядерные клетки (стрелка 2).

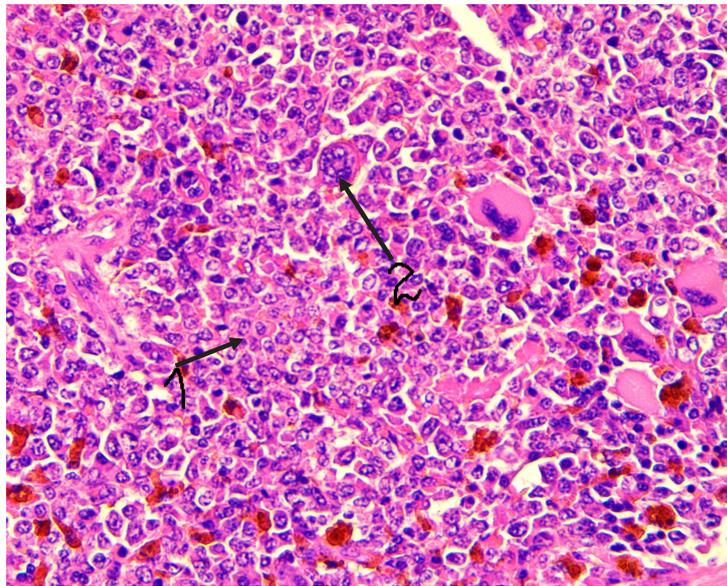


Рис. 14 – Диффузная В-крупноклеточная лимфома.

Окраска гематоксилином и эозином, увеличение x400

Fig. 14 – Diffuse B-large cell lymphoma. Hematoxylin and eosin staining, x400 magnification

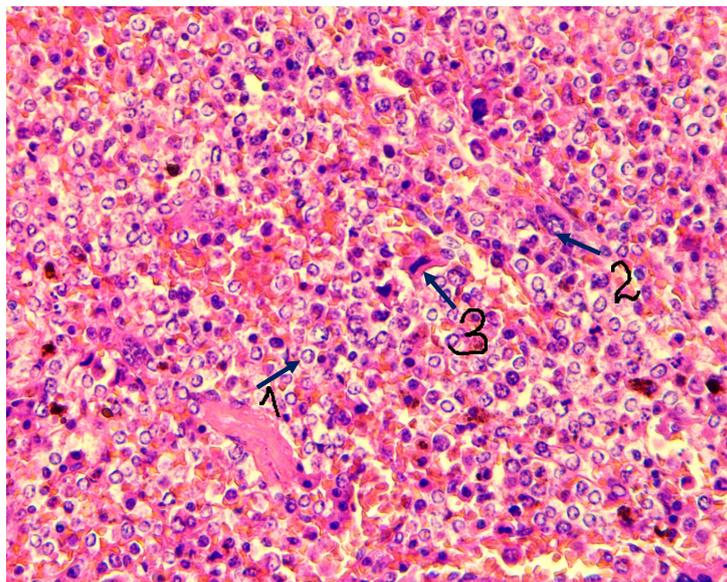


Рис. 15 – Диффузная В-крупноклеточная лимфома.

Окраска гематоксилином и эозином, увеличение x400

Fig. 15 – Diffuse B-large cell lymphoma. Hematoxylin and eosin staining, x400 magnification

Случай 15 (рисунок 16). Опухоль представляет собой В-клеточную лимфому с диффузным типом роста. Клеточный состав опухоли полиморфный: встречаются клетки типа малых лимфоцитов, центроцитоподобные клетки (стрелка 1), лимфоидные клетки с признаками плазмоцитарной дифференци-

ровки (стрелка 2), зрелые плазматические клетки, разрозненно расположенные крупные клетки с морфологией центробластов и иммунобластов (стрелка 3).

Распределение лимфом по морфологическим типам представлено на рисунке 17.

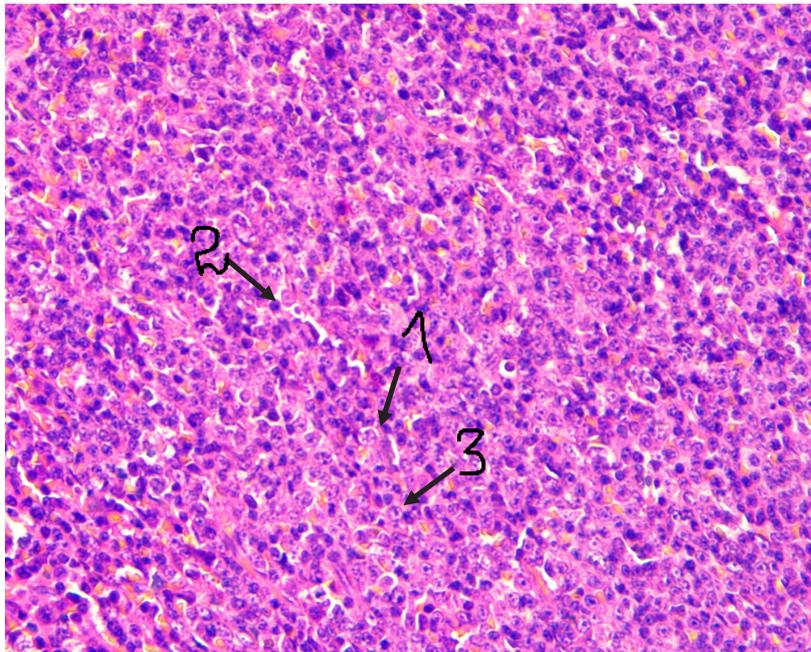


Рис. 16 – Лимфома из клеток маргинальной зоны.

Окраска гематоксилином и эозином, увеличение x400

Fig. 16 – Lymphoma from marginal zone cells. Hematoxylin and eosin staining, x400 magnification

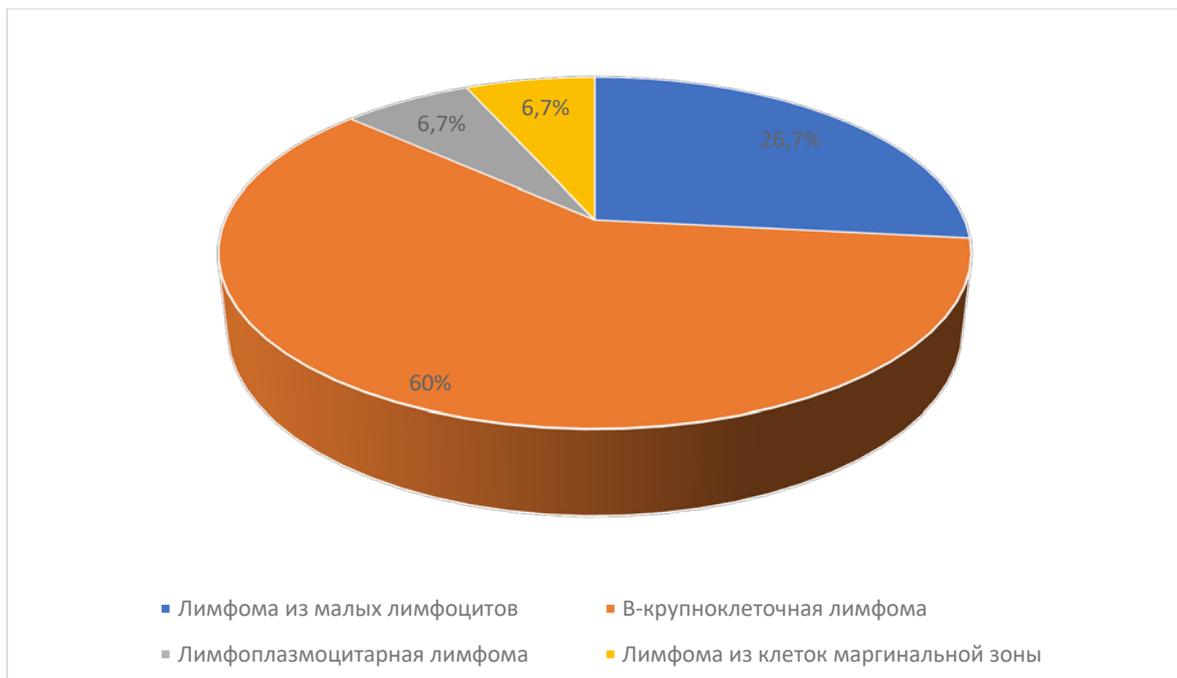


Рис. 17 – Морфологические типы лимфом

Fig. 17 – Morphological types of lymphomas

Обсуждение

В результате исследования была выявлена морфологическая особенность В-крупноклеточной лимфомы – наличие в биоптате крупных атипичных лимфоидных клеток. Часто клетки опухоли встречаются с расщепленными ядрами, рисунок хроматина всегда грубый. Биоптаты содержат большое число патологических фигур митоза. По данным Л. Г. Бабичевой, И. В. Поддубной [7; 8], различают несколько морфологических подтипов диффузной В-крупноклеточной лимфомы: центробластный, иммунобластный и анапластический. Клетки опухоли расположены диффузно, что полностью или частично стирает нормальную архитектонику ткани. Группы клеток лимфомы могут быть разделены очаговым фиброзом или склерозом. Возможно присутствие участков некроза. В препаратах определяются множественные апоптические тельца и фигуры митоза, что совпадает с результатами нашего исследования. Разное количество реактивных малых Т-лимфоцитов и гистиоцитов, формирующих фон препарата, присутствует во всех представленных случаях. В ветеринарной литературе мало данных о строении и дифференциально-диагностических признаках различных подтипов диффузной В-крупноклеточной лимфомы собак [2]. Заполнение данного пробела может лечь в основу дальнейших исследований по изучению морфологических признаков опухолей лимфоидной ткани и составлению гистологических классификаций.

По данным нашего исследования, второе место по частоте встречаемости среди лимфом селезенки собак занимает лимфома из малых лимфоцитов – это В-клеточная опухоль. Наши наблюдения подтверждают результаты работы Е. А. Никитиной, Т. Е. Бялик, А. Ю. Зарицкой и соавт. [9]. Эти авторы указывают на особенности морфологического строения данного вида опухоли, а именно: морфологический субстрат представлен диффузным расположением небольших лимфоидных клеток с округлыми ядрами, комковатым хроматином, без отчетливых нуклеол. Мы отмечаем, что клеточный субстрат опухоли представлен диффузно расположенными, мелкими лимфоидными клетками с четкими округлыми ядрами. Хроматин в ядрах комковатый или глыбчатый, в части ядер дифференцируются мелкие нуклеолы.

Нами был обнаружен 1 случай лимфоцитомы. В доступной литературе встречается небольшое число наблюдений данной патологии. Исследования [10;

11] указывают, что лимфоцитомы представлены клетками типа малых лимфоцитов, пролимфоцитов с округлыми ядрами, плазматическими клетками. Форма роста опухоли диффузная. В ткани могут присутствовать и другие элементы плазматического ряда: иммунобласты, плазмобласты, а также гистиоциты. Анализ результатов исследования показывает: лимфоцитомы – диффузная опухоль, нодулярные структуры не формирует, что совпадает с литературными данными [10; 11]. Клеточный состав ткани полиморфный. Данная опухоль имеет В-клеточную дифференцировку, образована мелкими лимфоцитоподобными клетками, лимфоидными клетками с плазматической дифференцировкой, плазматическими клетками.

Нами выявлен один случай лимфомы из маргинальной зоны. В. В. Городецкий, Н. А. Пробатова, Н. Н. Тупицын и др. [11] описывают 7 случаев аналогичной опухоли. Картина выраженной плазматической дифференцировки наблюдалась, по данным авторов, у 3 больных. В своей работе У. Л. Джулакян, Б. В. Бидерман, Э. Г. Гемджян и соавт. [12], а также ряд других авторов указывают, что В-клеточная лимфома селезенки из клеток маргинальной зоны – это опухоль, представленная морфологически зрелыми лимфоидными клетками, по своим характеристикам соответствующими лимфоцитам маргинальной зоны вторичного фолликула [13–15]. По нашим данным, клеточный субстрат опухоли полиморфный, с преобладанием плазматической дифференцировки.

Анализируя результаты нашего исследования и сравнивая их с данными литературы, выявлено, что у человека и собаки самым часто встречающимся типом лимфомы является В-клеточная опухоль [16–18]. Это может быть связано с преобладанием в организме крупных В-клеток, активирующихся во время антигенной стимуляции [19–21], но данный вопрос до конца не изучен и ляжет в основу будущих исследований.

Заключение

Гистологическое исследование является необходимым в диагностике лимфоидных заболеваний. Выбранная для микроскопического описания препаратов методика позволяет наиболее точно определить клеточный тип опухоли. При оценке морфологических свойств новообразований необходимо использовать принцип гисто-

генеза. Определение клетки-предшественницы опухоли дает возможность поставить верный диагноз, оценить факторы прогноза и предсказать исход заболевания. Опыт изучения опухолей в гуманной медицине возможно применять для диагностики заболеваний животных, в нашем примере собак, но для полноценной верификации опухолевого

процесса необходимо учитывать не только гистологическое строение, но и тип роста опухоли, характеристики клеточного состава, наличие реактивных компонентов. Результаты исследования можно применять в клинической ветеринарной медицине, особенно в области патоморфологии.

Вклад авторов

Н. В. Митрохина: концептуализация, проведение исследования, создание черновика рукописи, программное обеспечение, верификация данных.

Л. Ф. Сотникова: руководство исследованием, методология, создание рукописи и ее редактирование.

Contributions

N. V. Mitrokhina: conceptualization, investigation, writing – original draft, software, validation.

L. F. Sotnikova: project administration, methodology, writing – review & editing.

Конфликт интересов

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Список литературы / References

1. Степанова Ю.А., Ионкин Д.А., Алимурзаева М.З., Калинин Д.В., Широков В.С., Ручкин Д.В. Первичная экстранодальная лимфома: сочетанное поражение желудка и селезенки (клиническое наблюдение). *Диагностическая и интервенционная радиология*. 2020;14(3):81–90. <https://doi.org/10.25512/DIR.2020.14.3.09>
Stepanova Yu.A., Ionkin D.A., Alimurzaeva M.Z., Kalinin D.V., Shirokov V.S., Ruchkin D.V. Primary extranodal lymphoma: stomach and spleen combined lesion. *Diagnostic & interventional Radiology*. 2020;14(3):81–90. (In Russ.). <https://doi.org/10.25512/DIR.2020.14.3.09>
2. Дудин П.В., Лашин А.П., Холтобина П.Д. Сравнительная эффективность протоколов химиотерапии CHOP Madison Wisconsin и COP при лечении В-клеточной лимфомы у собак. *Актуальные вопросы ветеринарной биологии*. 2024;1(61):36–39. <https://doi.org/10.24412/2074-5036-2024-161-36-39> EDN VWXTAY
Dudin P.V., Lapshin A.P., Holtobina P.D. Comparative efficacy of CHOP Madison Wisconsin and COP chemotherapy protocols in the treatment of B-cell lymphoma in dogs. *Actual Questions of Veterinary Biology*. 2024;1(61):36–39. (In Russ.). <https://doi.org/10.24412/2074-5036-2024-161-36-39> EDN VWXTAY
3. Лагарникова Е.А., Шиман И.Н., Меньшиков Е.В., Франц Д.А., Чайченко Д.В., Чабан Т.Я., Худяков Р.И., Перевеслов М.А. Первичная неходжкинская фолликулярная и В-клеточная лимфома селезенки. *Вестник Челябинской областной клинической больницы*. 2009;3(6):21–22. EDN YIMRXP
Lagarnikova E.A., Shiman I.N., Menshikov E.V., Frants D.A., Chaichenko D.V., Chaban T.Ya., Khudyakov R.I., Pereveslov M.A. Primary non-Hodgkin's follicular and B-cell lymphoma of the spleen. *Bulletin of the Chelyabinsk Regional Clinical Hospital*. 2009;3(6):21–22. (In Russ.). EDN YIMRXP
4. Никифоров В.С., Свистов А.С., Богданов А.Н., Решетнев В.Г., Волошин С.В. Диагностика неходжкинской лимфомы селезенки. *Клиническая медицина*. 2009;87(2):67–69. EDN KGWKDN
Nikiforov V.S., Svistov A.S., Bogdanov A.N., Reshetnev V.G., Voloshin S.V. Diagnosis of splenic non-hodgkin lymphoma. *Clinical Medicine*. 2009;87(2):67–69. (In Russ.). EDN KGWKDN
5. Аль-ради Л.С., Моисеева Т.Н., Джулакян У.Л. и др. Опыт изучения лимфомы красной пульпы селезенки. *Терапевтический архив*. 2016;88(4):53–60. <https://doi.org/10.17116/terarkh201688453-60>

- Al-radi L.S., Moiseeva T.N., Julakyan U.L. et al The experience of studying lymphoma of the red pulp of the spleen. *Therapeutic Archive*. 2016;88(4):53–60. (In Russ.). <https://doi.org/10.17116/terarkh201688453-60>
6. Хвастунова А.Н., Аль-Ради Л.С., Федянина О.С., Джулакян У.Л., Капранов Н.М., Закирова А.О., Луговская С.А., Наумова Е.В., Атауллаханов Ф.И., Кузнецова С.А. Особенности морфологии и иммунофенотипа опухолевых клеток лимфомы из клеток маргинальной зоны селезенки (исследование с помощью клеточного биочипа). *Онкогематология*. 2017;12(1):71–77. <https://doi.org/10.17650/1818-8346-2017-12-1-71-77>
- Khvastunova A.N., Al-Radi L.S., Fedyanina O.S., Julhakyan U.L., Kapranov N.M., Zakirova A.O., Lu-govskaya S.A., Naumova E.V., Ataulakhanov F.I., Kuznetsova S.A. Determination of morphology and immunophenotype of circulating lymphoma cells in patients with splenic marginal zone lymphoma using an anti-CD antibody microarray. *Oncohematology*. 2017;12(1):71–77. (In Russ.). <https://doi.org/10.17650/1818-8346-2017-12-1-71-77>
7. Поддубная И.В., Бабичева Л.Г. Диффузная В-клеточная крупноклеточная лимфома и фолликулярная лимфома: Российские реалии. *Современная онкология*. 2024;26(2):140–148. <https://doi.org/10.26442/18151434.2023.2.202237>
- Poddubnaya I.V., Babicheva L.G. Diffuse large B-cell lymphoma and follicular lymphoma: problem state in Russia. *Journal of Modern Oncology*. 2024;26(2):140–148. (In Russ.). <https://doi.org/10.26442/18151434.2023.2.202237>
8. Бабичева Л.Г., Поддубная И.В. Гетерогенная диффузная В-клеточная крупноклеточная лимфома: правильный диагноз как залог успешной терапии. *Современная онкология*. 2023;25(2):168–177. <https://doi.org/10.26442/18151434.2023.2.202237>
- Babicheva L.G., Poddubnaya I.V. Heterogeneous diffuse large B-cell lymphoma: accurate diagnosis as a key to successful therapy. *Journal of Modern Oncology*. 2023;25(2):168–177. (In Russ.). <https://doi.org/10.26442/18151434.2023.2.202237>
9. Бялик Т.Е., Зарицкий А.Ю., Исебер Л. Хронический лимфоцитарный лейкоз / лимфома из малых лимфоцитов. Клинические рекомендации / Ассоциация онкологов России, Национальное гематологическое общество, Российское профессиональное общество онкогематологов. 2020;64. EDN FQEXDK
- Bialik T.E., Zaritsky A.Yu., Iseber L. Chronic lymphocytic leukemia / lymphoma from small lymphocytes. Clinical recommendations / Association of Oncologists of Russia, National Hematology Society, Russian Professional Society of Oncogematologists. 2020;64. (In Russ.). EDN FQEXDK
10. Силин А.П., Петрунько О.В., Седова Г.И. и др. Случай сочетания диффузной лимфоплазмочитарной лимфомы с гипернефроидным раком почки. *Сибирский медицинский журнал*. 1999;17(2):47–48. EDN QZVIDB
- Silin A.P., Petrunko O.V., Sedova G.I. et al. The case of a combination of diffuse lymphoplasmocytic lymphoma with hypernephroid kidney cancer. *Siberian Medical Journal*. 1999;17(2):47–48. (In Russ.). EDN QZVIDB
11. Городецкий В.Р., Пробатова Н.А., Тупицын Н.Н., Варламова Е.Ю., Кондратьева Т.Т., Балакирева Т.В., Шолохова Е.Н., Сариди Э.Ю. Иммуноглобулинсекретирующая лимфома из клеток маргинальной зоны селезенки (клинико-иммуноморфологическая характеристика). *Современная онкология*. 2000;2(4):141–146.
- Gorodetsky V.R., Probatova N.A., Tupitsyn N.N., Varlamova E.Yu., Kondratieva T.T., Balakireva T.V., Sholokhova E.N., Saridi E.Yu. Immunoglobulin-secreting lymphoma from cells of the marginal zone of the spleen (clinical and immunomorphological characteristics). *Journal of Modern Oncology*. 2000;2(4):141–146. (In Russ.).
12. Джулакян У.Л., Бидерман Б.В., Гемджян Э.Г., Судариков А.Б., Савченко В.Г. Молекулярный анализ генов иммуноглобулина в опухолевых В-клетках при лимфоме селезенки из клеток маргинальной зоны. *Терапевтический архив*. 2015; 87(7):58–63. <https://doi.org/10.17116/terarkh201587758-63>
- Julakyan U.L., Biderman B.V., Gemjian E.G., Sudarikov A.B., Savchenko V.G. Molecular analysis of immunoglobulin genes in the tumor B-cells in splenic marginal zone lymphoma. *Therapeutic Archive*. 2015;87(7):58–63. (In Russ.). <https://doi.org/10.17116/terarkh201587758-63>
13. Ingle S.B., Hinge C.R. Primary splenic lymphoma: Current diagnostic trends. *World Journal of Clinical Cases*. 2016;4(12):385–389. <https://doi.org/10.12998/wjcc.v4.i12.385>

14. Мазуров В.И., Криволапов Ю.А. Классификация лимфом. Морфология, иммунофенотип, молекулярная генетика неходжкинских лимфом. *Практическая онкология*. 2004;5(3):169–175. EDN QIKTQP
Mazurov V.I., Krivolapov Yu.A. Classification of lymphomas. Morphology, immunophenotype, and molecular genetics of non-Hodgkin lymphomas. *Practical oncology*. 2004;5(3):169–175. (In Russ.). EDN QIKTQP
15. Городецкий В.В., Пробатова Н.А., Тупицын Н.Н. Иммуноглобулинсекретирующая лимфома из клеток маргинальной зоны селезенки. *Гематология и трансфузиология*. 2000;45(5):3–6. EDN MPFILX
Gorodetsky V.V., Probatova N.A., Tupitsin N.N. Immunoglobulin-secreting lymphoma from cells of the marginal zone of the spleen. *Hematology and transfusiology*. 2000;45(5):3–6. (In Russ.). EDN MPFILX
16. Тумян Г.С., Османов Е.А., Кравченко С.К. Агрессивные нефолликулярные лимфомы – диффузная крупноклеточная В-клеточная лимфома, первичная медиастинальная В-клеточная лимфома, лимфома Беркитта: Клинические рекомендации. Москва : Министерство здравоохранения Российской Федерации, 2020. EDN MDHNMU
Tumyan G.S., Osmanov E.A., Kravchenko S.K. Aggressive non-follicular lymphomas – diffuse large-cell B-cell lymphoma, primary mediastinal B-cell lymphoma, Burkitt’s lymphoma: Clinical recommendations. Moscow : Ministry of Health of the Russian Federation, 2020. (In Russ.). EDN MDHNMU
17. Guo Y., Lan X., Zhao H. Dural plasmacytoma as the initial presentation of multiple myeloma: A case report and review of the literature. *Current Problems in Cancer*. 2021;45(3):100672. <https://doi.org/10.1016/j.currproblcancer.2020.100672> EDN LTLXLO
18. Шарафисламова М.Б., Шабалина Е.В., Милаев В.Б. Лечение лимфом у кошек и собак. *Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии*. 2020;3(63):24–31. EDN PSWWHR
Sharafislamova M.B., Shabalina E.V., Milaev V.B. Cats’ and dogs’ treatment of lymphomas. *Bulletin of the Izhevsk State Agricultural Academy*. 2020;3(63):24–31. (In Russ.). EDN PSWWHR
19. Smykova O.G., Lepik K.V., Mikhailova N.B. Nivolumab-based immunotherapy in relapsed/refractory B-cell lymphoma, unclassifiable, with features intermediate between diffuse large B-cell lymphoma and classical Hodgkin lymphoma. *Cellular Therapy and Transplantation*. 2021;10(1):37–43. <https://doi.org/10.18620/ctt-1866-8836-2021-10-1-37-43> EDN WAZGDN
20. Kozlov A.V., Valiev T.T., Uldasheva S.A. et al. Successful treatment of relapsed/refractory anaplastic large cell lymphoma in adolescent patient: a case report. *Cellular Therapy and Transplantation*. 2022;11(3-4):77–82. <https://doi.org/10.18620/ctt-1866-8836-2022-11-3-4-77-82> EDN RDOZZQ
21. Рукавицын О.А., Удальева В.Ю., Агеева Т.А. Гематология: национальное руководство. 2-е издание, переработанное и дополненное. Общество с ограниченной ответственностью Издательская группа «ГЭОТАР-Медиа», 2024.916 с. <https://doi.org/10.33029/9704-8188-2-GEM-2024-1-916> EDN CELAAZ
Rukavitsyn O.A., Udalyeva V.Yu., Ageeva T.A. Hematology: National guidelines. 2nd edition, revised and expanded. Limited Liability Company Publishing Group GEOTAR-Media, 2024.916 p. <https://doi.org/10.33029/9704-8188-2-GEM-2024-1-916> (In Russ.). EDN CELAAZ

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Митрохина Наталья Викторовна – кандидат ветеринарных наук, главный врач Сети ветеринарных лабораторий ВЕТЛАБ, г. Москва, Россия
Старший научный сотрудник, Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ), г. Москва, Россия
<https://orcid.org/0000-0002-2712-4252>
SPIN-код: [8921-9208](https://orcid.org/0000-0002-2712-4252)
nv@mitrokhina.ru

ABOUT THE AUTHORS

Natalia V. Mitrokhina – Cand. Sci. (Vet.), Chief Physician of VETLAB Network of Veterinary Laboratories, Moscow, Russia
<https://orcid.org/0000-0002-2712-4252>
nv@mitrokhina.ru

Сотникова Лариса Федоровна –

доктор ветеринарных наук, профессор,
заведующая кафедрой болезней мелких
домашних, лабораторных и экзотических животных,
Российский биотехнологический университет
(РОСБИОТЕХ), г. Москва, Россия
<https://orcid.org/0000-0001-7138-6463>
SPIN-код: [8106-2968](https://orcid.org/0000-0001-7138-6463)
lfsotnikova@mail.ru

Larisa F. Sotnikova –

Dr. Sci. (Vet.), Prof., Chief of the Department
of Diseases of Small Domestic, Laboratory
and Exotic Animals, Russian State Budgetary
Educational Institution of Higher Education,
Russian Biotechnological University
(BIOTECH University), Moscow, Russia
<https://orcid.org/0000-0001-7138-6463>
lfsotnikova@mail.ru



<https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-2-42-52>

EDN UGPXUC

УДК 636.2.034



UGPXUC

Поступила: 07.03.2025

Доработана: 26.05.2025

Принята: 02.06.2025

Генетическое разнообразие гена гормона роста и его связь с репродуктивной функцией у джерсейского скота

✉ С.А. Олейник, А.В. Лесняк

Ставропольский государственный аграрный университет, г. Ставрополь, Россия

✉ soliyNIK60@gmail.com

Аннотация

Введение. Эффективность воспроизводства критически важна для рентабельности разведения крупного рогатого скота. Ген гормона роста (*bGH*) является перспективным кандидатом для изучения связи с хозяйственно-полезными признаками.

Цель. Изучить генетическое разнообразие по полиморфизму C/G гена *bGH* и его связи с живой массой, возрастом и кратностью осеменения при первом плодотворном осеменении у коров джерсейской породы.

Материалы и методы. Исследование проведено на 361 корове джерсейской породы. Данные зоотехнического учета по репродуктивным признакам сопоставлены с результатами генотипирования по полиморфизму C/G гена *bGH* (ПЦР-РВ). Рассчитаны частоты аллелей и генотипов, проведена проверка соответствия равновесию Харди-Вайнберга, выполнены сравнения средних значений признаков между генотипами.

Результаты. В популяции преобладает аллель G (0,59). Частоты генотипов: C/C – 19,9, C/G – 42,9, G/G – 37,2 %. Выявлено отклонение от равновесия Харди-Вайнберга ($p < 0,05$) с дефицитом гетерозигот. Коровы с генотипом G/G имели тенденцию к большей живой массе, но достоверно более поздний возраст первого плодотворного осеменения ($p < 0,1$) и требовали большего числа осеменений для зачатия ($p < 0,05$) по сравнению с другими генотипами.

Заключение. Полиморфизм C/G гена *bGH* ассоциирован с показателями ранней репродуктивной эффективности у коров джерсейской породы. Генотип G/G связан с увеличением возраста первого плодотворного осеменения и снижением фертильности. Генотипы C/C и C/G могут быть предпочтительны при отборе по ранним репродуктивным качествам.

Ключевые слова: Ген гормона роста (*bGH*), полиморфизм, джерсейская порода, репродуктивные качества, крупный рогатый скот, исследование ассоциаций, возраст первого осеменения, кратность осеменения

Финансирование

Исследования выполнены в рамках реализации субсидии из федерального бюджета на финансовое обеспечение выполнения государственного задания на оказание государственных услуг (выполнение работ) от 25 апреля 2024 г. № 082-03-2024-220/3

Для цитирования: Олейник С.А., Лесняк А.В. Генетическое разнообразие гена гормона роста и его связь с репродуктивной функцией у джерсейского скота. *Аграрный вестник Северного Кавказа*. 2025;15(2):42–52. <https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-2-42-52>
EDN UGPXUC

<https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-2-42-52>

EDN UGPXUC

Received: 07.03.2025

Revised: 26.05.2025

Accepted: 02.06.2025

Genetic Diversity of the Growth Hormone Gene and its Association with Reproductive Function in Jersey Cattle

✉ S.A. Oleinik, A.V. Lesnyak

Stavropol State Agrarian University, Stavropol, Russia

✉ soliynik60@gmail.com

Abstract

Introduction. The reproduction efficiency is critically important for the profitability of cattle breeding. The growth hormone gene (bGH) represents a promising candidate for investigating associations with economically important traits.

Aim. To examine the genetic diversity of the C/G polymorphism in the bGH gene and its associations with body weight, age and number of inseminations required for first successful conception in Jersey breed cows.

Materials and methods. The study was conducted on 361 Jersey breed cows. Zootechnical records of reproductive traits were analyzed in relation to genotyping results for the C/G polymorphism in the bGH gene (using PCR-RFLP). We calculated allele and genotype frequencies, tested for Hardy-Weinberg equilibrium and compared mean trait values between genotypes.

Results. The G allele was predominant in the population (0.59). Genotype frequencies were: C/C – 19.9, C/G – 42.9, G/G – 37.2 %. A deviation from Hardy-Weinberg equilibrium ($p < 0.05$) with heterozygote deficiency was observed. Cows with the G/G genotype showed a tendency toward greater body weight but demonstrated significantly later age at first conception ($p < 0.1$) and required more inseminations to achieve conception ($p < 0.05$) compared to other genotypes.

Conclusion. The C/G polymorphism in the bGH gene is associated with early reproductive performance indicators in Jersey breed cows. The G/G genotype correlates with increased age at first conception and reduced fertility. The C/C and C/G genotypes may be preferable for selection based on early reproductive characteristics.

Keywords: Growth hormone gene (*bGH*), polymorphism, Jersey cattle, reproductive traits, association study, age at first insemination, insemination frequency

Funding

The research was carried out as part of the implementation of a subsidy from the federal budget for financial support of the state assignment for the provision of public services (performance of work) dated April 25, 2024 No. 082-03-2024-220/3

To cite: Oleinik S.A., Lesnyak A.V. Genetic Diversity of the Growth Hormone Gene and its Association with Reproductive Function in Jersey Cattle. *Agrarian Bulletin of the North Caucasus*. 2025;15(2):42–52. (In Russ.). <https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-2-42-52> EDN UGPXUC



Введение

Эффективность молочного скотоводства тесно связана с репродуктивной функцией стада, которая определяет темпы воспроизводства, продолжительность продуктивного использования животных и, в конечном счете, экономическую рентабельность отрасли. Оптимизация репродуктивных качеств, таких как возраст первого отела, продолжительность сервис-периода и межотельного интервала, является одной из ключевых задач современной селекции крупного рогатого скота (КРС) [1–3]. Джерсейская порода, ценящаяся за высокое качество молока с повышенным содержанием жира и белка, также требует внимания к улучшению репродуктивных показателей для максимальной реализации ее генетического потенциала. По данным Всероссийского научно-исследовательского института племенного дела, в 2023 году практически 13 % маточного поголовья джерсейской породы сосредоточено в Ставропольском крае¹. Этот факт подчеркивает значимость изучения генетических особенностей у животных данной породы, поскольку результаты могут быть экстраполированы на значительную часть российской популяции джерсейского скота.

Важную роль в регуляции физиологических процессов, включая рост, метаболизм и репродукцию, играет гормон роста (*bGH*). Этот полипептидный гормон, секретируемый передней долей гипофиза, оказывает плеiotропное действие на организм. Исследования показывают, что *bGH* влияет на репродуктивную систему как прямо, так и опосредованно, участвуя в развитии фолликулов яичников, созревании ооцитов, функции желтого тела и раннем эмбриональном развитии. Механизмы этого влияния включают модуляцию чувствительности яичников к гонадотропинам и участие в локальных паракринных и аутокринных регуляторных путях [4–6].

Ген гормона роста у крупного рогатого скота рассматривается как один из перспективных генов-кандидатов, вариации в котором могут быть связаны с хозяйственно полезными признаками [7–10]. Полиморфизм данного гена, проявляющийся в виде однонуклеотидных замен (SNP) или других структурных изменений, может влиять на экспрессию гена, структуру или биологическую активность самого гормона, что потенциально отражается на фенотипе животных [8; 11].

В многочисленных исследованиях изучалась связь полиморфизмов гена гормона роста с различными показателями продуктивности у КРС. Были выявлены ассоциации с молочной продуктивностью, составом молока и скоростью роста. Результаты этих исследований часто зависят от конкретного полиморфизма, изучаемой породы и условий окружающей среды [12–14].

Учитывая роль гормона роста в различных физиологических процессах, влияние полиморфизма гена *bGH* на репродуктивные качества также является предметом изучения. Некоторые работы указывают на наличие связи между генотипами по гену *bGH* и такими показателями, как возраст первого отела, продолжительность сервис-периода и интервал между отелами у различных пород КРС, включая голштинскую и абердин-ангусскую [7–9]. Однако данные остаются неоднозначными. Часть исследований не выявила статистически значимых ассоциаций между полиморфизмами гена гормона роста и репродуктивными признаками [11], что подчеркивает необходимость дальнейших исследований в этой области. Кроме того, генетический фон породы может существенно влиять на проявление эффектов отдельных генов [1].

Несмотря на определенный объем данных по другим породам, информация о связи полиморфизмов гена *bGH* с репродуктивными качествами именно у джерсейской породы КРС остается ограниченной. Ген *bGH* локализован на хромосоме 19 (BTA19) и состоит из пяти экзонов и четырех интронов. В гене *bGH* описано несколько полиморфизмов, один из наиболее изученных – это однонуклеотидный полиморфизм (SNP) в пятом экзоне, известный как AluI-полиморфизм (также обозначаемый как L/V-полиморфизм). Этот полиморфизм возникает из-за замены нуклеотида цитозина (C) на гуанин (G) в 127-м кодоне, что приводит к аминокислотной замене лейцина (L, кодируется CTC) на валин (V, кодируется GTC) в зрелом белке *bGH* (p.Leu127Val). Таким образом, данный полиморфизм является несинонимичным и изменяет аминокислотный состав белка, что потенциально может влиять на его третичную структуру, стабильность или взаимодействие с рецепторами. Хотя ассоциации этого и других полиморфизмов гена *bGH* (например, MspI в интроне 3) с молочной продуктивностью и некоторыми другими хозяйственно полезными признаками исследовались у различных пород, их связь с репродуктивной функцией у джерсейского скота

¹ Шичкин И. М., Сафина Г. Ф., Дунин И. М. Ежегодник по племенной работе в молочном скотоводстве в хозяйствах Российской Федерации (2023 год) Лесные Поляны, ВНИИплем. 2024. 242 с.

изучена недостаточно. Учитывая специфику породы и важность репродуктивной функции для молочного скотоводства, изучение генетических маркеров, ассоциированных с репродуктивными признаками у джерсейского скота, представляет значительный научный и практический интерес. Выявление таких маркеров может способствовать разработке более эффективных программ селекции, направленных на улучшение воспроизводительных способностей животных.

Помимо гена гормона роста, продолжается активный поиск и других генетических маркеров, ассоциированных с репродуктивной функцией у КРС. Различные исследования направлены на выявление связей между полиморфизмами в других генах-кандидатах или регионах генома и такими важными признаками, как фертильность, возраст полового созревания и интервалы между отелами [15; 16]. Особое внимание уделяется изучению генетических особенностей в конкретных популяциях и породах. Так, ряд работ отечественных исследователей посвящен анализу генетических маркеров, включая и ген гормона роста, и их связи с продуктивными и репродуктивными показателями у скота различных пород, разводимых в России и сопредельных странах, что вносит вклад в понимание генетической структуры популяций и возможностей маркер-ассоциированной селекции в специфических условиях [17–21]. Эти исследования подчеркивают комплексную природу репродуктивных признаков, на которые влияет множество генов и факторов среды, и подтверждают необходимость дальнейшего накопления данных по различным породам и популяциям.

Целью настоящего исследования явилось изучение генетического разнообразия и ассоциаций полиморфизма гена гормона роста (*bGH*) с основными репродуктивными качествами у коров джерсейской породы.

Материалы и методы

Материалы

Объектом исследования служило поголовье крупного рогатого скота джерсейской породы в количестве 361 корова. Животные принадлежат племенному репродуктору ООО «Агроальянс Инвест», расположенному в Ставропольском крае. Выборка формировалась из первотелок с законченной первой лактацией (305 дней).

Информация по репродуктивным качествам была получена из официальных запи-

сей первичного зоотехнического и племенного учета хозяйства.

Для анализа были отобраны следующие показатели: живая масса при первом плодотворном осеменении (кг), возраст первого плодотворного осеменения (дней) и кратность осеменения до первого плодотворного (раз).

Этические аспекты

Все исследования проводились с соблюдением требований, изложенных в Директиве Европейского парламента и Совета ЕС от 22 сентября 2010 года № 2010/63/ЕС о защите животных, использующихся для научных целей², и принципов обращения с животными, согласно статье 4 ФЗ РФ № 498-ФЗ³.

Процедура исследования

Для проведения молекулярно-генетического анализа у всех 361 животного был произведен отбор проб венозной крови. Кровь отбирали из яремной вены в вакуумные пробирки объемом 5 мл, содержащие в качестве антикоагулянта КЗ-ЭДТА.

Следующая часть исследований проводилась в Лаборатории молекулярно-генетической экспертизы ФГБОУ ВО Ставропольский ГАУ (номер госрегистрации в племенном регистре РФ № 262704803000, Свидетельство о регистрации в государственном племенном регистре, серия ПЖ 77; № 010649).

Выделение геномной ДНК из образцов крови проводили с использованием коммерческого набора для выделения ДНК «М-Сорб-Кровь» (ООО «НПФ Синтол», Россия) согласно инструкции производителя, на приборе Auto-Pure 96 (Allsheng, Китай). В состав набора входил лизирующий буфер, магнитные частицы, промывочный буфер, элюирующий буфер.

Идентификацию полиморфизма C/G в гене гормона роста (*bGH*) проводили методом полимеразной цепной реакции в режиме реального времени с использованием коммерческого набора «Набор для определения полиморфизма C/G гена *bGH*» (ООО «НПФ Синтол», Россия) согласно инструкции производителя, на приборе Rotor-Gene Q (QIAGEN GmbH, Германия). Данный набор включает аллель-специфичные зонды, конъюгирован-

² https://ruslasa.ru/wp-content/uploads/2017/06/Directive_201063_rus.pdf

³ Федеральный закон от 27.12.2018 № 498-ФЗ (ред. от 24.07.2023) «Об ответственном обращении с животными и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

ные с различными флуорофорами для детекции аллелей С и G.

Фланкирующая последовательность:

g t c t c t c s c c t c s c c t t g g s a g g a g (c / g)
tggaagatggcaccscscgggctgg

Программа амплификации включала предварительную денатурацию 94 °С (3 мин), затем 10 циклов 94 °С (20 с), 58 °С (20 с), 61 °С (30 с), затем 30 циклов 94 °С (20 с), 58 °С (20 с), 61 °С (30 с) с регистрацией флуоресценции.

Анализ данных

Статистическую обработку полученных данных выполняли с использованием программного обеспечения MS Excel.

Частоты аллелей (С и G) и генотипов (С/С, С/Г, G/G) рассчитывали по стандартным формулам популяционной генетики методом прямого подсчета.

Соответствие наблюдаемого распределения частот генотипов теоретически ожидаемому при равновесии Харди-Вайнберга проверяли с использованием критерия χ^2 (хи-квадрат).

Для оценки влияния генотипа по гену *bGH* на количественные признаки (живая масса, возраст при первом плодотворном осеменении и кратность осеменения до первого плодотворного) проводили попарные сравнения средних значений между группами животных с разными генотипами с использованием *t*-критерия Стьюдента.

Статистически значимыми считали различия при уровне $p < 0,05$. Значения в диапазоне $0,05 \leq p \leq 0,1$ интерпретировались как статистическая тенденция. Данные в таблицах представлены в виде «среднее значение \pm стандартная ошибка среднего» (Mean \pm SEM).

Результаты

Анализ генетического разнообразия в исследованной популяции показал наличие двух аллельных вариантов гена *bGH*: С и G. При этом частота встречаемости аллеля G оказалась выше и составила 0,59, в то время как частота аллеля С находилась на уровне 0,41. Эти данные свидетельствуют о преобладании аллеля G в данной конкретной выборке животных джерсейской породы (рисунок 1).

Распределение животных по генотипам выявило присутствие всех трех вариантов: С/С, С/Г и G/G. Наибольшая доля в популяции приходилась на гетерозиготных особей с генотипом С/Г (42,9 %, $n = 155$). На втором месте по встречаемости находились животные с гомозиготным генотипом G/G (37,2 %, $n = 134$), а наименьшая частота была зафиксирована для гомозиготного генотипа С/С (19,9 %, $n = 72$) (рисунок 2).

При этом ожидаемая частота генотипов С/С (17,1 %) и G/G (34,3 %) оказалась ниже наблюдаемой, 19,9 и 37,2 % соответственно. Гетерозиготный генотип С/Г наоборот показал повешенную ожидаемую частоту в 48,5 % по сравнению с наблюдаемой (42,9 %), что говорит об избытке гетерозиготных особей по гену гормона роста в изучаемой выборке.

Проверка соответствия наблюдаемого распределения генотипов теоретически ожидаемому при условии равновесия Харди-Вайнберга с применением статистического критерия χ^2 Пирсона показала, что наблюдаемое распределение генотипов статистически значимо отличается от ожидаемого при равновесии Харди-Вайнберга (таблица 1).

Рассчитанное значение критерия χ^2 составило 4,71. При одной степени свободы ($df = 1$) данное значение соответствует p -значению, находящемуся в диапазоне между 0,02 и 0,05.

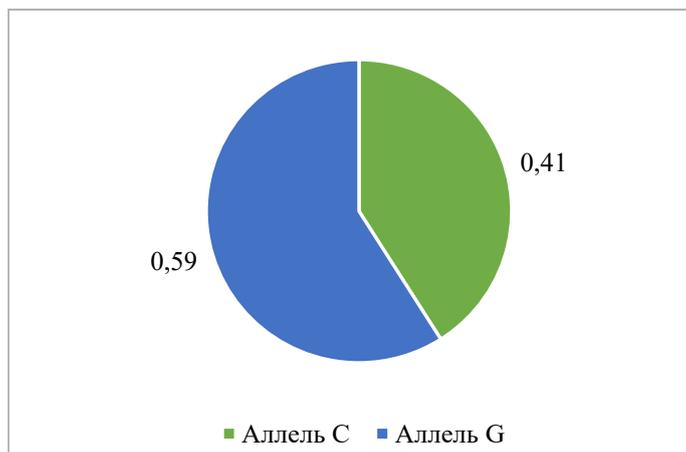


Рис. 1 – Распределение частоты встречаемости аллельных вариантов гена *bGH*
Fig. 1 – Frequency distribution of allelic variants of the *bGH* gene

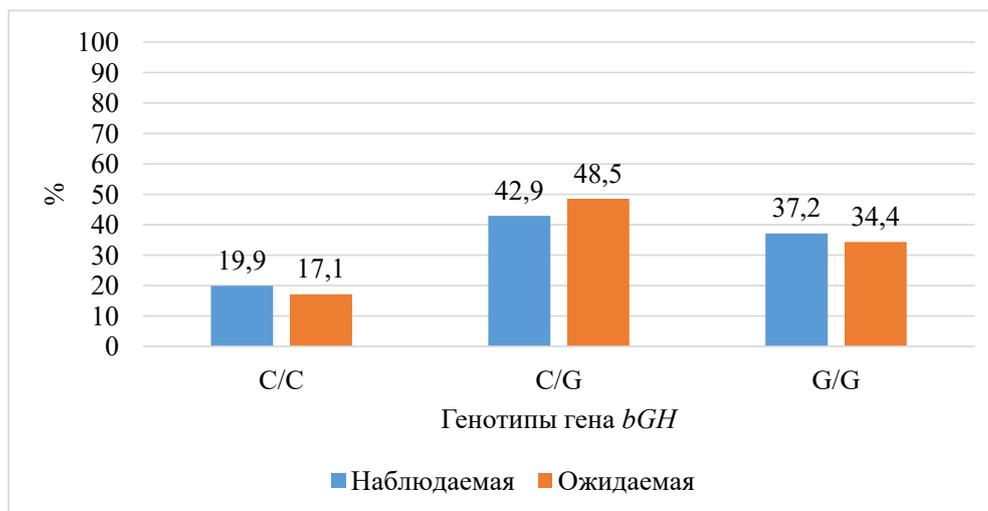


Рис. 2 – Распределение наблюдаемой и ожидаемой частоты встречаемости генотипов гена *bGH* ($n = 361$)

Fig. 2 – Distribution of the observed and expected frequency of occurrence of *bGH* gene genotypes ($n = 361$)

Для более детального анализа отклонения от равновесия Харди-Вайнберга были рассчитаны показатели наблюдаемой и ожидаемой гетерозиготности. Наблюдаемая гетерозиготность (H_o), представляющая собой долю гетерозиготных особей в выборке, составила 0,429. Ожидаемая гетерозиготность (H_e) оказалась равной 0,485. Сравнение этих двух показателей выявило дефицит гетерозигот в исследуемой популяции: наблюдаемая гетерозиготность оказалась ниже ожидаемой.

Для оценки влияния полиморфизма в гене *bGH* на репродуктивные показатели и живую массу молочного скота джерсейской породы при первом успешном осеменении были проанализированы данные по генотипам животных и соответствующим признакам. Эффекты отдельных генотипов *bGH* на живую массу, возраст и кратность осеменения при первом успешном осеменении приведены в таблице 2.

Таблица 1 – Генетическая структура коров джерсейской породы по гену *bGH*

Table 1 – Genetic structure of Jersey cows by the *bGH* gene

Ген	Генотип	Наблюдаемое количество (n)	Ожидаемое количество (n)	χ^2	H_o	H_e
<i>bGH</i>	C/C	72	62	1,61	0,429	0,485
	C/G	155	175	2,29		
	G/G	134	124	0,81		

Примечание: χ^2 – критерий Пирсона, H_o – наблюдаемая гетерозиготность, H_e – ожидаемая гетерозиготность

Note: χ^2 – Pearson's chi-squared test, H_o – observed heterozygosity, H_e – expected heterozygosity

Таблица 2 – Связь генотипов гена *bGH* с показателями живой массы и возраста 1-го плодотворного осеменения

Table 2 – Relationship of *bGH* gene genotypes with live weight and age of the 1st fertile insemination

Показатель	Генотип гена <i>bGH</i>		
	CC ¹	CG ²	GG ³
Количество животных, гол.	72	155	134
Живая масса при 1-м плодотворном осеменении, кг	304,83 ± 3,63	305,38 ± 2,40	310,20 ± 2,69
Возраст 1-го плодотворного осеменения, дней	368,75 ± 3,72	372,00 ± 2,58	377,23 ± 3,45 ^{1*}
Кратность осеменения до 1-го плодотворного, раз	1,59 ± 0,09	1,55 ± 0,06	1,82 ± 0,09 ^{1*} , ^{2**}

Примечание: * – $p < 0,1$; ** – $p < 0,05$ (индексы указывают на генотип, с которым проводилось сравнение)

Note: * – $p < 0,1$; ** – $p < 0,05$ (indices present the genotype being compared)

Анализ таблицы 2 показывает, что генотип *bGH* влияет на живую массу при первом успешном осеменении и на возраст при первом успешном осеменении. Животные с генотипом G/G имели живую массу при первом успешном осеменении на 1,7 % (5,37 кг) больше, чем животные с генотипом C/C, и на 1,67 % (4,82 кг) больше, чем животные с генотипом C/G.

Возраст при первом успешном осеменении у животных с генотипом G/G был на 2,3 % (8 дней) больше, чем у животных с генотипом C/C, и на 1,4 % (5 дней) больше, чем у животных с генотипом C/G ($p \leq 0,1$).

Дополнительно был проанализирован показатель кратности осеменения до первого плодотворного. Установлено, что коровы с генотипом G/G требовали в среднем большего числа осеменений (1,82) для достижения первой стельности по сравнению с генотипами C/G (1,55) и C/C (1,59). Различия были статистически значимы при сравнении G/G с C/G ($p < 0,05$) и носили характер тенденции при сравнении G/G с C/C ($p < 0,1$).

Полученные результаты свидетельствуют о наличии генетического разнообразия по гену *bGH* в исследованной популяции джерсейского скота с преобладанием аллеля G. Выявленное отклонение от равновесия Харди-Вайнберга, характеризующееся дефицитом гетерозигот, может указывать на действие определенных эволюционных или селекционных факторов в данной популяции (например, инбридинг, отбор против гетерозигот или наличие субпопуляционной структуры).

Анализ ассоциаций показал, что генотип G/G связан с более высокой живой массой при первом осеменении, хотя статистическая значимость этого эффекта не подтверждена. Важно отметить, что этот же генотип (G/G) ассоциирован со статистически значимым (на уровне тенденции, $p \leq 0,1$) увеличением возраста первого плодотворного осеменения. Это может указывать на потенциальный антагонизм: аллель G, возможно, способствуя большему росту и массе, одновременно несколько задерживает достижение репродуктивной зрелости или успешное оплодотворение. Генотипы C/C и C/G, напротив, ассоциированы с более ранним возрастом первого плодотворного осеменения и меньшим числом осеменений на зачатие. Эти данные представляют интерес для селекции джерсейской породы, так как позволяют учитывать генетические особенности животных при отборе по признакам роста и репродукции.

Обсуждение

Настоящее исследование было посвящено изучению полиморфизма гена гормона роста (*bGH*) и его связи с живой массой, возрастом и кратностью осеменения при первом плодотворном осеменении у коров джерсейской породы.

В исследованной выборке джерсейского скота были идентифицированы два аллеля гена *bGH* (C и G) с преобладанием аллеля G (0,59). Частоты генотипов распределились следующим образом: C/G (42,9 %), G/G (37,2 %) и C/C (19,9 %). Сравнение этих частот с данными по другим породам требует осторожности, так как частоты аллелей могут значительно варьировать. Например, в исследованиях Dario C. с соавт. [8] и Demeter R. M. с соавт. [13] на голштинской породе отметили наличие полиморфизма в гене гормона роста, но с иными частотами аллелей, что подчеркивает породную специфику и возможное влияние направленной селекции. Наши данные по частотам аллелей и генотипов представляют первичную информацию для джерсейской популяции в данном регионе.

Важным результатом является выявленное статистически значимое отклонение наблюдаемого распределения генотипов от ожидаемого при равновесии Харди-Вайнберга ($\chi^2=4,71$, $p < 0,05$), сопровождающееся дефицитом гетерозигот ($H_o = 0,429 < H_e = 0,485$). Отклонения от равновесия Харди-Вайнберга в популяциях сельскохозяйственных животных не являются редкостью и могут быть обусловлены различными факторами, такими как инбридинг (особенно в условиях ограниченной популяции или при использовании ограниченного числа быков-производителей), направленный отбор (возможно, неосознанный отбор против гетерозигот или в пользу одного из гомозиготных генотипов по признакам, сцепленным с геном *bGH*). Подобные отклонения отмечались и в других исследованиях генетических маркеров у КРС [9; 10].

Была отмечена тенденция к большей живой массе у животных с генотипом G/G по сравнению с C/C и C/G, хотя это различие не достигло статистической значимости на уровне $p < 0,05$ в нашем исследовании. В работах Arthur Donovan G. с соавт. (2003) [4] и Rachael M. Rodney с соавт. (2016) [6] отмечено, что ген гормона роста известен своим влиянием на рост и метаболизм, и ассоциации его полиморфизмов с ростовыми показателями были показаны, особенно у мясных пород, таких как абердин-ангусская, в исследованиях В. М. Габидулина с соавт. (2019) [9], где

определенные аллели связывали с увеличением скорости роста или живой массы.

Более значимые ассоциации были выявлены для репродуктивных показателей. Генотип G/G был связан со статистически значимым (на уровне тенденции, $p < 0,1$) увеличением возраста первого плодотворного осеменения. Это предположение подкрепляется результатами анализа кратности осеменения, где генотип G/G также ассоциировался со статистически значимым увеличением числа осеменений, необходимых для первого плодотворного зачатия ($p < 0,05$ по сравнению с C/G, $p < 0,1$ по сравнению с C/C). Это напрямую указывает на пониженную фертильность или вероятность зачатия у носителей генотипа G/G в первый репродуктивный период. Полученный результат согласуется с некоторыми исследованиями, где полиморфизмы гена гормона роста связывали с возрастом первого отела или другими показателями полового созревания [7; 8]. Например, в работе Pedro Augusto Silva Silveira с соавт. (2019) на голштинской породе была показана связь SNP в гене *bGH* с периодом сухостоя после отела. Однако результаты в литературе неоднозначны. Некоторые исследования не находят значимых ассоциаций полиморфизмов данного гена с репродуктивными признаками [11], что может быть связано с различиями в исследуемых полиморфизмах, породах, размерах выборок и учитываемых признаках.

Наблюдаемая в нашем исследовании связь генотипа G/G одновременно с тенденцией к большей живой массе с более поздним возрастом первого осеменения и увеличенной кратностью осеменения может указывать на сложный плейотропный эффект данного полиморфизма или на особенности энергетического метаболизма у носителей этого генотипа. Гормон роста играет ключевую роль в распределении питательных веществ между ростом, лактацией и репродукцией [4; 6]. Возможно, аллель G, способствуя более интенсивному росту или накоплению массы, несколько смещает энергетический баланс, что приводит к небольшой задержке в достижении репродуктивной готовности и/или снижению качества ооцитов или функции желтого тела. Поскольку *bGH* участвует в регуляции функции яичников, включая развитие фолликулов и стероидогенез [5; 6], исследуемый полиморфизм потенциально может модулировать эти ключевые аспекты репродукции. В свою очередь, это может отражаться на таких показателях, как время наступления овуляции, качество созревающих ооцитов и, в конечном итоге, на резуль-

тативность оплодотворения. Важно отметить, что выявленная разница в возрасте первого плодотворного осеменения (5–8 дней) относительно невелика, сопутствующее увеличение кратности осеменения в среднем на 0,2–0,25 попытки у носителей генотипа G/G может приобретать экономическую значимость в контексте управления стадом.

Важно учитывать, что репродуктивные признаки являются комплексными и контролируются множеством генов и факторов среды [1–3; 15; 16]. Ген *bGH* – один из потенциальных генетических факторов. Результаты, полученные отечественными исследователями [17–21] на различных породах в условиях России, также подчеркивают важность изучения генетических маркеров в конкретных популяционно-географических условиях для разработки региональных программ селекции.

К ограничениям данного исследования можно отнести умеренный размер выборки и анализ только трех ранних репродуктивных признаков. Статистическая значимость на уровне тенденции ($p < 0,1$) для возраста осеменения (G/G против C/C) и кратности осеменения (G/G против C/C) требует подтверждения на большей выборке.

Заключение

Молекулярно-генетический анализ гена *bGH* в исследованной выборке джерсейского скота ($n = 361$) подтвердил наличие полиморфизма C/G с преобладающей частотой аллеля G (0,59). Выявлено отклонение распределения генотипов от ожидаемого при равновесии Харди-Вайнберга ($p < 0,05$), обусловленное дефицитом гетерозиготных особей. Анализ ассоциаций показал, что генотип G/G, имея тенденцию к увеличению живой массы при первом осеменении, достоверно связан с увеличением возраста первого плодотворного осеменения и повышением кратности осеменения. Полученные результаты свидетельствуют о потенциальном плейотропном эффекте аллеля G, ассоциированном с показателями роста и снижением эффективности первого репродуктивного цикла у носителей генотипа G/G. Таким образом, полиморфизм гена *bGH* может служить потенциальным маркером для селекции джерсейской породы, при этом генотипы C/C и C/G идентифицированы как предпочтительные для оптимизации ранних репродуктивных характеристик. Необходимы дальнейшие исследования на расширенных выборках для валидации полученных ассоциаций и оценки практической применимости данного маркера.

Вклад авторов

С. А. Олейник: администрирование проекта, концептуализация, написание – обзор и редактирование.

А. В. Лесняк: формальный анализ, проведение исследования, написание – первоначальный проект, визуализация.

Contributions

S. A. Oleinik: project administration, conceptualization, writing – review & editing.

A. V. Lesnyak: formal analysis, investigation, writing – original draft, visualization.

Конфликт интересов

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Список литературы / References

1. Saleh A.A., Hassan T.G.M., EL-Hedainy D.K.A. et al. *IGF-I* and *GH* Genes polymorphism and their association with milk yields, composition and reproductive performance in Holstein–Friesian dairy cattle. *BMC Veterinary Research*. 2024;20(341). <https://doi.org/10.1186/s12917-024-04188-4>
2. Anamika M.A., Bangar Y.C., Malik B.S., Garg A.R. Evaluation of candidate genotype of GH gene associated with growth, production and reproduction traits in Dairy Cows. *Reproduction in Domestic Animals*. 2022;57:711–721. <https://doi.org/10.1111/rda.14110>
3. Yadav D.K., Malik Z.S., Magotra A., Bangar Y.C. et al. Estimation of maternal and additive effect on reproduction and productive traits in Hardhenu cattle. *Reproduction in Domestic Animals*. 2024;59:14658. <https://doi.org/10.1111/rda.14658>
4. Arthur Donovan G., Fred L. Bennett, Frederick S. Springer. Factors associated with first service conception in artificially inseminated nulliparous Holstein heifers. *Theriogenology*. 2003;60(1):67–75. [https://doi.org/10.1016/S0093-691X\(02\)01296-7](https://doi.org/10.1016/S0093-691X(02)01296-7)
5. Grimard B., Freret S., Chevallier A., Pinto A., Ponsart C., Humblot P. Genetic and environmental factors influencing first service conception rate and late embryonic/foetal mortality in low fertility dairy herds. *Animal Reproduction Science*. 2006;91(1–2):31–44. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2005.03.003>
6. Rachael M. Rodney, Jenianne K. Hall, Charlotte T. Westwood, Pietro Celi, Ian J. Lean. Precalving and early lactation factors that predict milk casein and fertility in the transition dairy cow. *Journal of Dairy Science*. 2016;99(9):7554–7567. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10275>
7. Pedro Augusto Silva Silveira, Butler W.R. Thaís Casarin da Silva, Carlos Castilho Barros, Marcio Nunes Corrêa, Augusto Schneider. Association of polymorphisms in the *IGF-I*, *GHR* and *STAT5A* genes with serum *IGF-I* concentration and reproductive performance of Holstein dairy cows. *Animal Reproduction Science*. 2019;211:106206. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2019.106206>
8. Dario C., Carnicella D., Ciotola F., Peretti V., Bufano G. Polymorphism of Growth Hormone GH1–AluI in Jersey Cows and Its Effect on Milk Yield and Composition. *Animal Bioscience*. 2008;21(1):1–5. <https://doi.org/10.5713/ajas.2008.60586>
9. Габидулин В.М., Алимова С.А., Фролов А.Н., Салихов А.А. Показатели продуктивности у генотипированного молодняка абердин-ангусской породы по гену *bGH*. *Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН*. 2019;4:29. <https://doi.org/10.24411/2304-9081-2019-14029>
Gabidulin V.M., Alimova S.A., Frolov A.N., Salikhov A.A. Productive traits in genotyped aberdeen-angus bull-calves by *bGH* gene. *Bulletin of the Orenburg Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences*. 2019;4:29. (In Russ.) <https://doi.org/10.24411/2304-9081-2019-14029>
10. Zakizadeh S., Rahimi G., Mirae-Ashtiani S.R., Nejati-Javaremi A., Moradi-Shahrbabak M., Reinecke P., Reissmann M., Masoudi A.A., Amirinia C., Mirhadi S.A. Analysis of Bovine Growth Hormone Gene Polymorphisms in Three Iranian Native Breeds and Holstein Cattle by RFLP-PCR. *Biotechnology*. 2006;5:385–390. <https://doi.org/10.3923/biotech.2006.385.390>
11. Amiri S., Jemmali B., Ferchichi M.A., Jeljeli H., Boulbaba R., Ben Gara A. Assessment of growth hormone gene polymorphism effects on reproductive traits in Holstein dairy cattle in Tunisia. *Archives Animal Breeding*. 2018;61:481–489. <https://doi.org/10.5194/aab-61-481-2018>

12. Kovács K., Völgyi-Csík J., Zsolnai A., Györkös I., Fésüs, L. Associations between the AluI polymorphism of growth hormone gene and production and reproduction traits in a Hungarian Holstein-Friesian bull dam population. *Archives Animal Breeding*. 2006;49:236–249. <https://doi.org/10.5194/aab-49-236-2006>
13. Demeter R.M., Markiewicz K., J.A.M. van Arendonk, Bovenhuis H. Relationships between milk protein composition, milk protein variants, and cow fertility traits in Dutch Holstein-Friesian cattle. *Journal of Dairy Science*. 2010;93(11):5495–5502. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3525>
14. Mullen M.P., Berry D.P., Howard D.J., Diskin M.G., Lynch C.O., Berkowicz E.W., Magee D.A., MacHugh D.E., Waters S.M. Associations between novel single nucleotide polymorphisms in the *Bos taurus* growth hormone gene and performance traits in Holstein-Friesian dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 2010;93(12):5959–5969. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3385>
15. Hadi Z., Atashi H., Dadpasand M., Derakhshandeh A., Ghahramani Seno M.A. The relationship between growth hormone polymorphism and growth hormone receptor genes with milk yield and reproductive performance in Holstein dairy cows. *Iranian Journal Veterinary Research*. 2015;16(3):244–8. PMID: 27175183; PMCID: PMC4782692
16. Laura Falchi, Alberto Cesarani, Salvatore Mastrangelo, Gabriele Senczuk, Baldassare Portolano, Fabio Pilla, Nicolò P P Macciotta. Analysis of runs of homozygosity of cattle living in different climate zones. *Journal of Animal Science*. 2023;101:skad061. <https://doi.org/10.1093/jas/skad061>
17. Ларкина Т.А., Ширяев Г.В. GWAS как инструмент обнаружения SNPs у крупного рогатого скота для изучения их связи с воспроизводством, продуктивностью, ростом, поведением, болезнями. *Аграрная наука*. 2024;1(8):124–131. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-385-8-124-131>
Larkina T.A., Shiryaev G.V. GWAS as a tool for detecting SNPs in cattle to study their relationship to reproduction, productivity, growth, behavior, diseases. *Agrarian science*. 2024;1(8):124–131. (In Russ.). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-385-8-124-131>
18. Племяшов К.В. Пути совершенствования общегосударственной программы генетической экспертизы племенной продукции сельскохозяйственных животных. *Молочное и мясное скотоводство*. 2024;1:22–24. <https://doi.org/10.33943/MMS.2024.73.62.004>
Plemyashov K.V. Ways to improve the national program of genetic examination of breeding products of farm animals. *Dairy and Beef Cattle Breeding*. 2024;1:22–24. <https://doi.org/10.33943/MMS.2024.73.62.004>
19. Игошин А.В., Ромашов Г.А., Черняева Е.Н. и др. Сравнительный анализ частот ДНК-полиморфизмов, ассоциированных с заболеваниями и хозяйственно важными признаками, в геномах российских и зарубежных пород крупного рогатого скота. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2022;26(3):298–307. (In Russ.). <https://doi.org/10.18699/VJGB-22-28>
Igoshin A.V., Romashov G.A., Chernyaeva E.N. et al. Comparative analysis of the frequencies of DNA polymorphisms associated with diseases and economically important traits in the genomes of Russian and foreign cattle breeds. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2022;26(3):298–307. <https://doi.org/10.18699/VJGB-22-28>
20. Гайнутдинова Э.Р., Сафина Н.Ю., Шакиров Ш.К., Фаттахова З.Ф. Ассоциация полиморфизма гена лептин (LEP) с показателями воспроизводства голштинского скота отечественной и зарубежной селекции при различных технологиях доения и способах содержания. *Аграрный научный журнал*. 2022;12:58–61. <https://doi.org/10.28983/asj.y2022i12pp58-61>
Gaynutdinova E.R., Safina N.Yu., Shakirov Sh.K., Fattakhova Z.F. Association of leptin (LEP) gene polymorphism with reproduction traits of domestic and imported Holstein cattle in different milking technologies and housing conditions. *Agrarian Scientific Journal*. 2022;(12):58–61. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i12pp58-61>
21. Yuan R., Hascup E., Hascup K., Bartke A. Взаимосвязи между развитием, ростом, размерами тела, размножением, старением и долголетием – компромиссы и темп жизни. *Биохимия*. 2023;88(11):2051–2065. <https://doi.org/10.31857/S0320972523110039>
Yuan R., Hascup E., Hascup K., Bartke A. The relationships between development, height, body size, reproduction, aging, and longevity are trade-offs and the pace of life. *Biochemistry*. 2023;88(11):2051–2065. (In Russ.). <https://doi.org/10.31857/S0320972523110039>

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Олейник Сергей Александрович – доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, профессор базовой кафедры частной зоотехнии, селекции и разведения животных,

Ставропольский государственный аграрный университет, г. Ставрополь, Россия

<https://orcid.org/0000-0002-6003-4777>

SPIN-код: [4916-7317](https://orcid.org/0000-0002-6003-4777)

soliynik60@gmail.com

Лесняк Артем Васильевич –

аспирант базовой кафедры частной зоотехнии, селекции и разведения животных,

научный сотрудник лаборатории молекулярно-генетической экспертизы,

Ставропольский государственный аграрный университет, г. Ставрополь, Россия

<https://orcid.org/0000-0002-7451-2485>

SPIN-код: [2799-6465](https://orcid.org/0000-0002-7451-2485)

lesnyak.artem@mail.ru

ABOUT THE AUTHORS

Sergey A. Oleinik –

Dr. Sci. (Agriculture),

Prof., Senior Researcher, Basic Department of Private Animal Science,

Animal Selection and Breeding,

Stavropol State Agrarian University,

Stavropol, Russia

<https://orcid.org/0000-0002-6003-4777>

soliynik60@gmail.com

Artem V. Lesnyak –

Postgraduate student,

Researcher,

Laboratory of Molecular

Genetic Examination,

Stavropol State Agrarian University,

Stavropol, Russia

<https://orcid.org/0000-0002-7451-2485>

lesnyak.artem@mail.ru



<https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-2-53-62>

EDN UUFPE

УДК 633.11«324»:631.5:631.58



Поступила: 18.03.2025

Доработана: 04.06.2025

Принята: 06.06.2025

Экономическая эффективность норм высева и технологий возделывания озимой пшеницы в системе прямого посева

✉ А.В. Гоноченко, В.К. Дридигер

Северо-Кавказский федеральный научный центр РАН, г. Михайловск,
Ставропольский край, Россия

✉ gonochenko94@mail.ru

Аннотация

Введение. В условиях Юга России, где озимая пшеница занимает до 50 % пашни Ставропольского края, возрастает значимость оптимизации технологий возделывания, особенно в системе прямого посева, которая существенно изменяет свойства почвы и требует корректировки норм высева для обеспечения экономической эффективности производства.

Цель. Установить влияние экстенсивной, базовой, интенсивной технологий и норм высева на экономическую эффективность производства зерна озимой пшеницы, возделываемой в системе прямого посева в условиях неустойчивого увлажнения Ставропольского края.

Материалы и методы. Работу выполняли в 2021–2023 гг. на опытном поле Северо-Кавказского федерального научного центра, в которой озимую пшеницу возделывали по экстенсивной, базовой и интенсивной технологии с нормой высева от 2 до 6 млн/га с интервалом 1,0 млн/га.

Результаты. Наибольшую прибыль (64 122 руб/га) и рентабельность (180,3 %) обеспечивает интенсивная технология. Посев культуры по базовой технологии приводит к снижению прибыли до 34 224 руб/га, рентабельности – до 142,7 %. Самая низкая экономическая эффективность (прибыль 17 635 руб/га, рентабельность 122,8 %) – по экстенсивной технологии.

Заключение. Оптимальной нормой высева озимой пшеницы по интенсивной технологии является 3, по базовой технологии – 4, по экстенсивной – 5 млн/га. Увеличение или уменьшение нормы высева от оптимальной по всем технологиям приводит к снижению урожайности и экономической эффективности культуры. В системе прямого посева озимую пшеницу наиболее экономически выгодно возделывать по интенсивной технологии. Выращивание культуры по базовой технологии приводит к снижению ее экономической эффективности, и самая низкая она по экстенсивной технологии.

Ключевые слова: Экстенсивная технология, интенсивная технология, норма высева, прямой посев, урожайность, прибыль, рентабельность

Для цитирования: Гоноченко А.В., Дридигер В.К. Экономическая эффективность норм высева и технологий возделывания озимой пшеницы в системе прямого посева. *Аграрный вестник Северного Кавказа*. 2025;15(2):53–62. <https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-2-53-62> EDN UUFPE

<https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-2-53-62>

EDN UUFPE

Received: 18.03.2025

Revised: 04.06.2025

Accepted: 06.06.2025

Economic Efficiency of Seeding Standards and Cultivation Technologies for Winter Wheat in a Direct Sowing System

✉ **Alexandra V. Gonochenko, Viktor K. Dridiger**

North-Caucasus Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences,
Mikhailovsk, Stavropol Territory, Russia

✉ gonochenko94@mail.ru

Abstract

Introduction. In the South of Russia, where winter wheat accounts for up to 50 % of arable land in the Stavropol Krai, the importance of optimizing cultivation technologies is increasing, particularly within the direct seeding system, which significantly alters soil properties and requires adjustments in seeding rates to ensure the economic efficiency of production.

Aim. To determine the impact of extensive, standard and intensive cultivation systems, as well as seeding rates, on the economic efficiency of winter wheat production grown under direct seeding conditions in the unstable moisture regime of Stavropol Krai.

Materials and methods. The study was conducted from 2021 to 2023 on an experimental field of the North Caucasus Federal Scientific Center, where winter wheat was cultivated using extensive, basic and intensive technologies with seeding rates ranging from 2 to 6 million seeds per hectare, with an interval of 1 million seeds per hectare.

Results. The highest profit – 41.122 rubles per hectare – and the greatest economic efficiency (rental yield of 180.3 %) were achieved with the intensive technology. Cultivation using the basic technology resulted in reduced profit – 34.224 rubles per hectare – and a profitability of 142.7 %. The lowest economic indicators – profit of 17.635 rubles per hectare and profitability of 122.8 % – were observed under the extensive technology.

Conclusions. The optimal seeding rate for winter wheat under intensive technology is 3 million seeds per hectare; for basic technology, it is 4 million seeds per hectare; and for extensive technology, 5 million seeds per hectare. Increasing or decreasing the seeding rate from the optimal value across all technology systems leads to a decline in both yield and economic efficiency. Within the direct seeding system, growing winter wheat is most economically advantageous when employing intensive technology. Cultivating the crop under basic technology results in reduced economic efficiency, while the lowest efficiency is observed with extensive technology.

Keywords: Extensive technology, intensive technology, seeding rate, direct seeding, yield, profit, profitability

To cite: Gonochenko A.V., Dridiger V.K. Economic Efficiency of Seeding Standards and Cultivation Technologies for Winter Wheat in a Direct Sowing System. *Agrarian Bulletin of the North Caucasus*. 2025;15(2):53–62. (In Russ.). <https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-2-53-62>
EDN UUFPE

Введение

На юге России пшеница является основной культурой любого севооборота, от которой во многом зависит экономическая эффективность растениеводства. В Ставропольском крае озимая пшеница выращивается на 1,7–1,8 млн га, что составляет почти половину площади пахотных земель края [1].

В зависимости от почвенно-климатических условий и материально-технических возможностей сельскохозяйственного предприятия озимую пшеницу возделывают по экстенсивным, базовым и интенсивным технологиям [2; 3]. В экстенсивных технологиях урожай культуры получают за счет естественного плодородия почвы. В базовых технологиях вносят небольшие дозы удобрений, а борьбу с сорняками, вредителями и болезнями проводят при превышении ими экономического порога вредоносности. В интенсивных технологиях существенно возрастают нормы применения удобрений, их вносят дробно в течение вегетации возделываемых растений. Применяют интегрированные системы защиты посевов от вредных организмов [4]. Важную роль при возделывании озимой пшеницы играет норма высева семян, которая может изменяться в зависимости от интенсивности технологии возделывания [5].

Корректировка нормы высева озимой пшеницы обусловлена также все большим ее возделыванием на Юге России в системе прямого посева, когда почва не обрабатывается [6], что приводит к изменению ее водно-физических [7; 8], агрохимических [9; 10] и биологических свойств [11; 12]. Это оказывает существенное влияние на условия произрастания озимой пшеницы, ее урожайность и экономическую эффективность [13]. В связи с этим целью исследований является установление влияния экстенсивной, нормальной, интенсивной технологий и норм высева на экономическую эффективность производства зерна озимой пшеницы, возделываемой в системе прямого посева в условиях неустойчивого увлажнения Ставропольского края.

Материалы и методы

Материалы

Объектом исследований служили растения озимой пшеницы сорта Виктория одесская. Высокоурожайный (до 10 т/га) среднеспелый сорт, обладающий высокой зимостойкостью, засухоустойчивостью и устойчивостью к болезням допущен к использованию в Ставро-

польском крае. В 2018–2020 гг. в крае этот сорт возделывали на 55–59 тыс. га, и по площади он занимал 7–9-е места из всех высеваемых 130–140 сортов озимой пшеницы.

Предметами исследований были экстенсивная, базовая и интенсивная технологии возделывания и нормы высева озимой пшеницы от 2 до 6 млн/га всхожих семян с интервалом 1,0 млн/га.

Методы

Сопутствующие учеты и наблюдения за посевами озимой пшеницы проведены в соответствии с методикой государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (2019). Учет урожая осуществляли путем прокоса середины делянок комбайном Сампо-130 с дальнейшим пересчетом на стандартную чистоту и влажность. Экономическую эффективность технологий и норм высева рассчитывали по методике Н. В. Банниковой с коллегами [14]. Для этого рассчитаны технологические карты возделывания озимой пшеницы по всем изучаемым технологиям и нормам высева, в которых стоимость материально-технических ресурсов и зерна озимой пшеницы, в зависимости от его качества, взяты в ценах 2023 г. Обобщение и математическая обработка полученных данных проведена по методике Б. А. Доспехова (2011) ¹.

Процедура исследования

Исследования проводили с 2021 по 2023 г. на опытном поле ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ» в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края. Среднегодовая среднесуточная температура воздуха здесь составляет 8,4 °С, сумма эффективных температур – 3300–3650 °С, за год выпадает 554 мм осадков.

Почва опытного участка – чернозем обыкновенный среднеспелый слабогумусированный тяжелосуглинистый. Озимую пшеницу в опыте возделывали в севообороте: горох – озимая пшеница – подсолнечник – озимая пшеница, в котором все культуры в течение 3 лет до закладки опытов и во время их проведения возделывали по технологии прямого посева. Предшественником был горох.

Озимую пшеницу возделывали по трем технологиям. По экстенсивной технологии удобрения не вносили, из средств химизации применяли только опрыскивание посевов

¹ Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып. 1: Общая часть. М. : Группа Компаний Море, 2019. 385 с.; Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М. : Альянс, 2011. 351 с.

для борьбы с сорняками. Базовая технология, кроме защиты посевов от сорняков, включала протравливание семян перед посевом, припосевное внесение минеральных удобрений (нитроаммофоска) в дозе $N_{20}P_{20}K_{20}$, ранневесеннюю азотную подкормку аммиачной селитрой (N_{33}) и опрыскивание посевов во время кущения озимой пшеницы фунгицидом Новус-Ф, КС в дозе 0,8 л/га. В интенсивной технологии по сравнению с базовой норма припосевного внесения минеральных удобрений была увеличена до $N_{60}P_{60}K_{60}$, азотные удобрения вносили дробно: в ранневесеннюю подкормку (N_{66}), в фазе выхода в трубку (N_{33}) и после колошения озимой пшеницы (N_{30}). Дополнительно в фазе колошения озимой пшеницы проводилась фунгицидная обработка тем же препаратом, совмещенная с опрыскиванием инсектицидом Органза, КЭ в дозе 0,2 л/га.

Посев озимой пшеницы производили аргентинской сеялкой Gimetal в оптимальные сроки – 5–10 октября, глубина заделки семян 0,04–0,06 м. Повторность опыта трехкратная, площадь делянки 106 м².

Результаты и обсуждение

Технологии возделывания и нормы высева оказали существенное влияние на урожайность озимой пшеницы. В среднем по всем нормам высева самой низкой она была по экстенсивной технологии и составила 2,21 т/га. По базовой технологии она достоверно больше (3,57 т/га), и самая высокая урожайность получена по интенсивной технологии – 5,83 т/га (таблица 1).

Самая высокая урожайность озимой пшеницы по экстенсивной технологии получена при посеве 6 млн/га всхожих семян, и при всех нормах высева зерно по качеству соответствовало 5-му классу (фураж). По базовой и интенсивной технологии наибольшую уро-

жайность обеспечил посев 4 млн/га. По обеим технологиям зерно продовольственное – 3-го класса. Но по базовой технологии содержание сырой клейковины при норме высева 6 млн/га составило 23,9 % и постепенно увеличивалось к 2 млн/га, до 24,6 %, приближалось по качеству к 4-му классу. По интенсивной же технологии количество клейковины находилось в интервале 26,3–26,7 % и было по этому показателю близким ко 2-му классу.

Прибавка урожая от внесения минеральных удобрений по базовой технологии в дозе 93 кг/га д. в. по сравнению с экстенсивной технологией составила 14,6 кг/га зерна на 1 кг действующего вещества удобрений, что является высоким показателем эффективности применения химических туков под озимую пшеницу [15].

Внесение 309 кг/га д. в. удобрений по интенсивной технологии увеличило урожайность озимой пшеницы относительно экстенсивной на 11,7 кг/кг д. в. Увеличение же дозы удобрений в этой технологии по сравнению с базовой на 216 кг/га д. в. обеспечило рост урожайности на 10,5 кг/кг д. в., что также указывает на высокую эффективность возделывания озимой пшеницы по интенсивной технологии в системе прямого посева.

Высокую эффективность внесения минеральных удобрений под озимую пшеницу, возделываемую по технологии прямого посева, отмечали и другие исследователи [16]. Объясняют они это лучшей обеспеченностью посевов продуктивной влагой в течение всего периода вегетации культуры благодаря большому накоплению и лучшему сохранению в почве влаги атмосферных осадков.

Технологии возделывания оказали существенное влияние на производственные затраты и их структуру. В среднем по всем нормам высева самыми низкими они были по экстенсивной технологии, что обусловлено

Таблица 1 – Влияние технологии и нормы высева на урожайность озимой пшеницы, т/га (среднее за 2021–2023 гг.)

Table 1 – The impact of technology and seeding rates on winter wheat yields, t/ha (average for 2021–2023)

Технология, А	Норма высева, млн/га В					Среднее А, НСР ₀₅ = 0,27
	2	3	4	5	6	
Экстенсивная	1,91	2,13	2,18	2,37	2,44	2,21
Базовая	3,15	3,39	3,88	3,79	3,63	3,57
Интенсивная	5,33	6,23	6,26	5,86	5,45	5,83
В, НСР ₀₅ = 0,35	3,46	3,92	4,11	4,01	3,84	НСР ₀₅ = 0,60

возделыванием озимой пшеницы без внесения минеральных удобрений и мер борьбы с вредителями и болезнями. По базовой технологии, из-за применения удобрений и защиты посевов от вредителей и болезней, производственные затраты возросли на 10 451 руб/га, или на 77,3 %, по сравнению с экстенсивной технологией. Увеличение нормы внесения минеральных удобрений и большая потребность в средствах защиты растений от вредных организмов по интенсивной технологии привели к росту производственных расходов по сравнению с базовой технологией на 12 417 руб/га (51,8 %) и на 22 868 руб/га, или в 2,7 раза, относительно экстенсивной технологии (таблица 2).

Основными статьями расходов по экстенсивной технологии были амортизация техники, семена и применяемые в борьбе с сорняками гербициды, которые составили от 3040 до 3380 руб/га, или 22,2–24,7 %. В базовой технологии основными статьями расходов являются минеральные удобрения и средства защиты растений, которые вместе составляют половину (49,7 %) всех производственных затрат на возделывание озимой пшеницы по этой технологии.

По интенсивной технологии главной статьей производственных расходов стали ми-

неральные удобрения – 38,7 %, что обусловлено их дороговизной и увеличением нормы внесения по сравнению с базовой технологией. Следующими по значимости (22,7 %) являются затраты на применяемые средства защиты растений. В сумме расходы по этим статьям составили 22 349 руб/га, или 61,4 %, что значительно больше половины всех производственных затрат по этой технологии.

Следует отметить, что амортизационные начисления и затраты на ремонт техники в базовой и интенсивной технологии одинаковые, немного меньше они по экстенсивной технологии. Обусловлено это применением в первых двух технологиях одинаковых технических средств по выполнению всех технологических операций, небольшое снижение этих показателей по экстенсивной технологии объясняется отсутствием потребности в технике по внесению минеральных удобрений. При этом доля расходов по этим статьям самая высокая по экстенсивной технологии (24,7 и 5,5 %), в базовой технологии она снижается до 14,5 и 3,2 %, и самая маленькая она по интенсивной технологии – 9,6 и 2,1 %. Аналогичное наблюдается и по стоимости семян и доли расходов на них по технологиям возделывания культуры.

Таблица 2 – Влияние технологии возделывания озимой пшеницы на структуру производственных затрат (среднее по нормам высева)

Table 2 – The impact of winter wheat cultivation technology on the structure of production costs (average by seeding standards)

Статья расходов	Технология					
	Экстенсивная		Базовая		Интенсивная	
	руб/га	%	руб/га	%	руб/га	%
Фонд оплаты труда	590	4,3	661	2,8	780	2,2
Семена	3040	22,2	3040	12,7	3040	8,3
Удобрения	-	-	5712	23,8	14092	38,7
Средства защиты растений	3126	22,9	6223	25,9	8257	22,7
ГСМ	855	6,3	866	3,6	963	2,6
Амортизация	3380	24,7	3484	14,5	3484	9,6
Ремонт техники	744	5,5	766	3,2	766	2,1
Автотранспорт	79	0,6	89	0,4	99	0,3
Прочие затраты	600	4,4	955	4,0	1604	4,4
Общехозяйственные расходы	1241	9,1	2180	9,1	3308	9,1
Всего затрат	13635	100,0	23976	100,0	36393	100,0

Однако, несмотря на самые маленькие производственные затраты при возделывании озимой пшеницы по экстенсивной технологии, экономическая эффективность ее производства самая низкая. Это обусловлено самой маленькой урожайностью и низким качеством получаемого зерна (фураж), которое можно использовать только на корм животным. Поэтому денежная выручка от реализации полученного урожая здесь самая маленькая, что привело к получению самой низкой прибыли и рентабельности производства. Тем не менее в этой технологии самая низкая себестоимость производства зерна (таблица 3).

ляется потребность в живой рабочей силе [17]. В нашем опыте минимальные затраты труда на выращивание 1 га озимой пшеницы по экстенсивной технологии – 0,92 чел.-ч/га, которые на 0,26 чел.-ч/га, или на 28,3 %, меньше, чем по базовой технологии, и в 1,5 раза ниже интенсивной технологии.

Однако все наоборот, при производстве 1 т зерна больше всего рабочей силы требуется по экстенсивной технологии (0,42 чел.-ч/т), меньше всего по интенсивной технологии – 0,23 чел.-ч/т. То есть производительность труда при возделывании озимой пшеницы по интенсивной технологии в системе прямого

Таблица 3 – Влияние технологии на экономическую эффективность возделывания озимой пшеницы (среднее по нормам высева)

Table 3 – The impact of technology on the economic efficiency of winter wheat cultivation (average by seeding standards)

Показатель	Технология		
	Экстенсивная	Базовая	Интенсивная
Денежная выручка, руб/га	29 835	53 550	93 280
Затраты труда, чел.-ч/га	0,92	1,18	1,36
Затраты труда, чел.-ч/т	0,42	0,33	0,23
Затраты, руб/га	13 655	23 976	36 393
Себестоимость, руб/т	6180	6716	6242
Прибыль, руб/га	16 180	29 574	56 887
Уровень рентабельности, %	118,5	123,3	156,3

Существенное увеличение урожайности и качества зерна по базовой технологии обеспечили значительно большую денежную выручку по сравнению с экстенсивной технологией, и, как следствие, полученная прибыль была на 13 394 руб/га, или на 82,8 %, рентабельность на 4,8 % больше.

Выгоднее всего в системе прямого посева возделывать озимую пшеницу по интенсивной технологии. Благодаря самой высокой урожайности и хлебопекарным качествам зерна полученная выручка, несмотря на существенный рост производственных затрат, обеспечивает получение 56 887 руб/га прибыли, которая в 1,9 раза больше, чем по базовой, и в 3,5 раза превышает таковую по экстенсивной технологии. Рентабельность производства высококачественного зерна возросла по отношению к базовой и экстенсивной технологии на 33,0 и 37,8 процентных пункта соответственно.

В настоящее время важным показателем при возделывании любой сельскохозяйственной культуры, в том числе и озимой пшеницы, яв-

посева в 1,8 раза больше, чем по экстенсивной, и в 1,4 раза превышает базовую технологию. Повышение производительности труда является очень важным показателем в условиях острого дефицита на селе квалифицированной рабочей силы, особенно механизаторов, из-за сложной демографической обстановки и является непереносимым условием эффективного ведения сельскохозяйственного производства в условиях рыночной экономики [18; 19].

Существенное влияние на экономическую эффективность возделывания озимой пшеницы по той или иной технологии оказывает норма высева, так как ее увеличение приводит к росту расхода семенного материала. По экстенсивной технологии, несмотря на увеличение производственных затрат при увеличении нормы высева, прибыль также увеличивается, что обусловлено большими темпами роста урожайности, чем затрат на увеличивающиеся расходы семенного материала. Самая большая она при посеве 5 млн/га, 17 635 руб/га (таблица 4).

Таблица 4 – Влияние нормы высева на экономическую эффективность возделывания озимой пшеницы по экстенсивной технологии**Table 4** – The effect of the seeding rate on the economic efficiency of winter wheat cultivation using extensive technology

Норма высева, млн/га	Денежная выручка, руб/га	Производственные затраты, руб/га	Прибыль, руб/га	Рентабельность, %
2	25 785	11 853	13 932	117,5
3	28 755	13 220	15 535	117,5
4	29 430	13 525	15 905	117,6
5	31 995	14 360	17 635	122,8
6	32 940	15 317	17 623	115,1

Поэтому наибольшую рентабельность производства зерна озимой пшеницы по экстенсивной технологии обеспечил посев 5 млн/га – 122,8 %. При снижении нормы высева от 2 до 4 млн/га рентабельность была одинаковой (117,5–117,6 %), но меньше, чем при 5 млн/га, на 5,2–5,3 %. Самая низкая эффективность производства зерна озимой пшеницы по экстенсивной технологии, при посеве 6 млн/га. Это связано с уменьшением прибыли и ростом производственных затрат по сравнению с нормой высева 5 млн/га всхожих семян.

По базовой технологии самую большую прибыль – 34 224 руб/га – и рентабельность – 142,7 % – обеспечила норма высева 4 млн/га, при которой по этой технологии по-

лучена самая высокая урожайность культуры. Уменьшение нормы высева до 2 млн/га, как и ее увеличение до 6 млн/га, приводило к снижению прибыли до 24 946 и 28 802 руб/га (на 27,0 и 15,8 %), рентабельности – до 111,8 и 112,3 % (таблица 5).

При возделывании озимой пшеницы по интенсивной технологии самая высокая выручка получена при норме высева 4 млн/га, что обусловлено самой высокой урожайностью культуры при этой норме высева. Но из-за роста производственных затрат по сравнению с посевом 3 млн/га самая большая прибыль и рентабельность производства получена при указанной норме высева – 64 122 руб/га и 180,3 % (таблица 6).

Таблица 5 – Влияние нормы высева на экономическую эффективность возделывания озимой пшеницы по базовой технологии**Table 5** – The influence of the seeding rate on the economic efficiency of winter wheat cultivation using the basic technology

Норма высева, млн/га	Денежная выручка, руб/га	Производственные затраты, руб/га	Прибыль, руб/га	Рентабельность, %
2	47 250	22 304	7081	111,8
3	50 850	23 140	6826	119,7
4	58 200	23 976	5576	142,7
5	56 850	24 812	6547	129,1
6	54 450	25 648	7066	112,3

Таблица 6 – Влияние нормы высева на экономическую эффективность возделывания озимой пшеницы по интенсивной технологии**Table 6** – The impact of the seeding rate on the economic efficiency of winter wheat cultivation using intensive technology

Норма высева, млн/га	Денежная выручка, руб/га	Производственные затраты, руб/га	Прибыль, руб/га	Рентабельность, %
2	85 280	34 720	50 560	145,6
3	99 680	35 558	64 122	180,3
4	100 160	36 393	63 767	175,2
5	93 760	37 230	56 530	151,8
6	87 200	38 065	49 135	129,1

Уменьшение нормы высева до 2 млн/га приводило к снижению прибыли на 13 562 руб/га (21,1 %), рентабельности – на 34,7 %. Еще большее снижение экономической эффективности возделывания озимой пшеницы по интенсивной технологии наблюдалось при увеличении посевной нормы до 6 млн/га.

Аналогичные данные получены в условиях Краснодарского края, когда при интенсификации технологий возделывания 7 сортов озимой пшеницы экономически более эффективными были нормы высева 3–4 млн/га. Увеличение нормы высева до 5–7 млн/га приводило к снижению прибыли и рентабельности производства культуры [20].

Заключение

На черноземе обыкновенном зоны неустойчивого увлажнения Ставропольского края оптимальной нормой высева озимой пшеницы

при посеве по интенсивной технологии является 3 млн/га всхожих семян. По базовой технологии лучшей посевной нормой является 4 млн/га, по экстенсивной технологии – 5 млн/га. Увеличение или уменьшение нормы высева от оптимальной по всем технологиям приводит к снижению урожайности и экономической эффективности возделывания культуры в системе прямого посева.

Возделывать озимую пшеницу в системе прямого посева по предшественнику горох наиболее экономически выгодно по интенсивной технологии. Выращивание озимой пшеницы по базовой технологии приводит к снижению ее экономической эффективности, и самая низкая она по экстенсивной технологии. При дефиците в предприятии денежных средств озимую пшеницу приемлемо возделывать по базовой технологии с нормой высева 4 млн/га и экстенсивной технологии с посевной нормой 5 млн/га с рентабельностью производства 142,7 и 122,8 % соответственно.

Вклад авторов

А. В. Гоноченко: проведение исследования, создание черновика рукописи.

В. К. Дридигер: руководство исследованием, создание рукописи и ее редактирование.

Contributions

A. V. Gonochenko: investigation, writing – original draft.

V. K. Dridiger: supervision, writing – review & editing.

Конфликт интересов

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Список литературы / References

- Оганян Л.Р., Ерошенко Ф.В., Ковтун В.И., Сторчак И.Г. Агротехника возделывания озимой пшеницы сортов селекции Северо-Кавказского ФНАЦ. *Зерновое хозяйство России*. 2023;3:80–86. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2023-86-3-80-86>
Ohanyan L.R., Eroshenko F.V., Kovtun V.I., Storchak I.G. Cultivation agrotechnologies of winter wheat varieties developed by the North Caucasus FRAC. *Grain Economy of Russia*. 2023;(3):80–86. (In Russ.). <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2023-86-3-80-86>
- Коновалова Н.К., Окороков В.В., Щукин И.М. К развитию классификации агротехнологий по уровням производственной интенсификации при возделывании зерновых культур на семена. *АПК: экономика, управление*. 2024;11:28–39. <https://doi.org/10.33305/2411-28>
Konovalova N.K., Okorokov V.V., Shchukin I.M. To the development of classification of agricultural technologies by levels of production intensification in the cultivation of grain crops for seeds. *AIC: Economics, Management*. 2024;11:28–39. (In Russ.). <https://doi.org/10.33305/2411-28>
- Кiryushin В.И. Система научно-инновационного обеспечения технологий адаптивно-ландшафтного земледелия. *Земледелие*. 2022;2:3–7. <https://doi.org/10.24412/0044-3913-2022-2-3-7>
Kiryushin V.I. System of scientific and innovative support of adaptive landscape farming technologies. *Zemledelie*. 2022;2:3–7. (In Russ.). <https://doi.org/10.24412/0044-3913-2022-2-3-7>

4. Ладан С.С. Пестицидная нагрузка систем защиты растений пшеницы в технологиях различной интенсивности. *Плодородие*. 2024;6:76–80. <https://doi.org/10.25680/S19948603.2024.141.17>
Ladan S.S. Pesticide load of wheat protection systems in technologies of various intensity. *Plodorodie*. 2024;6:76–80. (In Russ.). <https://doi.org/10.25680/S19948603.2024.141.17>
5. Капранов В.Н., Зеленов А.В., Киселёв Е.Ф. и др. Норма высева – фактор, определяющий агроэкономическую эффективность возделывания гибрида F1 озимой ржи Немчиновская 1 в технологиях разного уровня интенсивности. *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса*. 2024;2(74):67–75. <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2024-02-08>
Kapranov V.N., Zelenev A.V., Kiselyov E.F. et al. Seeding rate is a factor that determines the agro-economic efficiency of cultivation of the F1 hybrid of winter rye Nemchinovsky 1 in technologies of different levels of intensity. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo Agrouniversitetskogo Kompleksa*. 2024;2(74):67–75. (In Russ.). <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2024-02-08>
6. Дридигер В.К., Годунова Е.И., Гаджиумаров Р.Г. и др. Природоподобные технологии возделывания сельскохозяйственных культур в системе прямого посева. *Земледелие*. 2025;1:3–9. <https://doi.org/10.24412/0044-3913-2025-1-3-9>
Dridiger V.K., Godunova E.I., Gadzhiumarov R.G. et al. Nature-like technologies of cultivation of agricultural crops in the direct sowing system. *Zemledelie*. 2025;1:3–9. (In Russ.). <https://doi.org/10.24412/0044-3913-2025-1-3-9>
7. Skaalsveen K., Ingram J., Clarke L.E. The effect of no-till farming on the soil functions of water purification and retention in north-western Europe: a literature review. *Soil & Tillage Research*. 2019;1(189):98–109. <https://doi.org/10.1016/j.still.2019.01.004>
8. Dridiger V.K., Ivanov A.L., Belobrov V.P., Kutovaya O.V. Rehabilitation of Soil Properties by Using Direct Seeding Technology. *Eurasian Soil Science*. 2020;9:1293–1301. <https://doi.org/10.1134/S1064229320090033>
9. Dridiger V.K., Godunova E.I., Gadzhiumarov R.G., Peregudova N.A. The Influence of No-till Technology on the Content of Nutrients in Ordinary Chernozem of the Central Ciscaucasia. *Russian Agricultural Sciences*. 2023;3:S440–S445. <https://doi.org/10.3103/S1068367423090057>
10. Kholodov V.A., Belobrov V.P., Yaroslavtseva N.V. et al. Influence of No-till system on the distribution of organic carbon and nitrogen by aggregate size fractions in protocalcic, endocalcic, and pantocalcic chernozems. *Eurasian Soil Science*. 2021;2:285–290. <https://doi.org/10.1134/S1064229321020071>
11. Briones M.J.I., Schmidt O. Conventional tillage decreases the abundance and biomass of earthworms and alters their community structure in a global meta-analysis. *Global Change Biology*. 2017;23(10):4396–4419. <https://doi.org/10.1111/gcb.13744>
12. Bokova A.I., Panina K.S., Dridiger V.K. et al. Soil-dwelling springtails as indicators of the efficiency of No-till technologies with different amounts of mineral fertilizers in the crop rotation on chernozem soils. *Soil and Tillage Research*. 2023;232:105760. <https://doi.org/10.1016/j.still.2023.105760>
13. Морозов А.Н., Дубовик Д.В., Дубовик Е.В. и др. Влияние технологий возделывания на продуктивность озимой пшеницы в условиях Курской области. *Земледелие*. 2025;1:29–34. <https://doi.org/10.24412/0044-3913-2025-1-29-34>
Morozov A.N., Dubovik D.V., Dubovik E.V. et al. The influence of cultivation technologies on the productivity of winter wheat in the conditions of the Kursk region. *Agriculture*. 2025;1:29–34. (In Russ.). <https://doi.org/10.24412/0044-3913-2025-1-29-34>
14. Банникова Н.В., Костюченко Т.Н., Тенищев А.В. и др. Методика экономической оценки эффективности использования технологии возделывания сельскохозяйственных культур без обработки почвы. *Техника и оборудование для села*. 2020;3:43–47. <https://doi.org/10.33267/2072-9642-2020-3-43-47>
Bannikova N.V., Kostyuchenko T.N., Tenishchev A.V. et al. Methods of economic assessment of the efficiency of using technology for cultivating agricultural crops without tillage. *Machinery and Equipment for Rural Area*. 2020;3:43–47. (In Russ.). <https://doi.org/10.33267/2072-9642-2020-3-43-47>
15. Кирюшин В.И. Актуальные проблемы и противоречия развития земледелия. *Земледелие*. 2019;3:3–7. <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2019-10301>
Kiryushin V.I. Actual problems and contradictions of the agriculture development. *Agriculture*. 2019;3:3–7. (In Russ.). <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2019-10301>

16. Шаповалова Н.Н., Оганян Л.Р., Воропаева А.А. Влияние минеральных удобрений на экономическую эффективность производства зерна озимой пшеницы в технологии прямого посева в условиях Ставропольского края. *Зерновое хозяйство России*. 2022;1(79):83–88. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2022-79-1-83-88>
Shapovalova N.N., Ohanyan L.R., Voropaeva A.A. The effect of mineral fertilizers on the economic efficiency of winter wheat production in the direct sowing technology in the Stavropol territory. *Grain Economy of Russia*. 2022;1(79):83–88. (In Russ.). <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2022-79-1-83-88>
17. Подгорская С.В. Оценка влияния человеческого капитала на производство сельскохозяйственной продукции и сельскую экономику региона. *АПК: экономика, управление*. 2025;2:103–115. <https://doi.org/10.33305/252-103>
Podgorskaya S.V. Assessment of the impact of human capital on agricultural production and the rural economy of the region. *AIC: Economics, Management*. 2025;2:103–115. (In Russ.). <https://doi.org/10.33305/252-103>
18. Кашаев И.В., Криулина Е.Н. Оценка благосостояния населения субъектов Северо-Кавказского федерального округа: информационное обеспечение, анализ, устойчивость. *АПК: экономика, управление*. 2023;6:44–52. <https://doi.org/10.33305/236-44>
Kashchaev I.V., Kriulina E.N. Assessment of the welfare of the population of the subjects of the North Caucasus Federal District: information support, analysis, sustainability. *AIC: Economics, Management*. 2023;6:44–52. (In Russ.). <https://doi.org/10.33305/236-44>
19. Криулина Е.Н., Оганян Л.Р. Продовольственная безопасность региона: сущность, оценка, прогноз. *АПК: экономика, управление*. 2023;8:23–33. <https://doi.org/10.33305/238-23>
Kriulina E.N., Ohanyan L.R. Food security of the region: essence, assessment, forecast. *AIC: Economics, Management*. 2023;8:23–33. (In Russ.). <https://doi.org/10.33305/238-23>
20. Назаренко Л.В. Влияние сортового состава и норм высева на эффективность выращивания семян озимой пшеницы в условиях Краснодарского края. *Известия сельскохозяйственной науки Тавриды*. 2023;36(199):39–52. EDN JQZTOC
Nazarenko L.V. Influence of varietal composition and seeding rates on the efficiency of growing winter wheat seeds in the conditions of the Krasnodar region. *Transactions of Taurida Agricultural Science*. 2023;36(199):39–52. (In Russ.). EDN JQZTOC

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Гоноченко Александра Васильевна – аспирант лаборатории технологий возделывания сельскохозяйственных культур ФГБНУ Северо-Кавказский федеральный научный центр, г. Михайловск, Россия
<https://orcid.org/0009-0005-2049-6087>
SPIN-код: [1133-2420](https://orcid.org/0009-0005-2049-6087)
gonochenko94@mail.ru

Дридигер Виктор Корнеевич – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории технологий возделывания сельскохозяйственных культур ФГБНУ Северо-Кавказский федеральный научный центр, г. Михайловск, Россия
<https://orcid.org/0000-0002-0510-2220>
SPIN-код: [2817-2035](https://orcid.org/0000-0002-0510-2220)
dridiger.victor@gmail.com

ABOUT THE AUTHORS

Alexandra V. Gonochenko – Postgraduate student, Laboratory of Agricultural Culture Technologies, North Caucasus Federal Research Center, Mikhailovsk, Russia
<https://orcid.org/0009-0005-2049-6087>
gonochenko94@mail.ru

Viktor K. Dridiger – Dr. Sci. (Agric.), Prof., Sr. Res., Laboratory of Agricultural Cultivation Technologies, North Caucasus Federal Research Center, Mikhailovsk, Russia
<https://orcid.org/0000-0002-0510-2220>
dridiger.victor@gmail.com



<https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-2-63-73>

EDN VQYVVA

УДК 631.82;631.8.022.3



Поступила: 05.02.2025

Доработана: 27.05.2025

Принята: 03.06.2025

Эффективность производства озимой пшеницы на черноземе обыкновенном слабосолонцеватом при использовании фосфогипса нейтрализованного в условиях Центрального Предкавказья

Ю.И. Гречишкина, ✉ А.В. Матвиенко

Ставропольский государственный аграрный университет, г. Ставрополь, Россия

✉ stavgeo@rambler.ru

Аннотация

Введение. Ставропольский край, являясь важнейшим аграрным регионом России, сталкивается с проблемой деградации 20 % пахотных земель из-за засоления, что требует разработки экологически безопасных и экономически эффективных методов мелиорации, в частности – научного обоснования применения нейтрализованного фосфогипса для слабосолонцеватых черноземов.

Цель. Определить эффективность влияния фосфогипса нейтрализованного на продуктивность озимой пшеницы на черноземе обыкновенном слабосолонцеватом.

Материалы и методы. Работу выполняли в 2021–2024 гг. в производственном опыте в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края, Россия. Почва опытного участка – чернозем обыкновенный слабосолонцеватый. В опыте проводился отбор почвенных образцов с целью агрохимического анализа и биологический учет урожайности с формированием образцов сельскохозяйственной продукции для лабораторного анализа в соответствии с методическими указаниями по проведению регистрационных испытаний агрохимикатов в сельском хозяйстве.

Результаты. В ходе исследований было установлено, что среднесуточная температура воздуха в вегетационные периоды озимой пшеницы за 2021–2024 гг. была выше нормы на 2,8 °С. Также период 2023–2024 гг. характеризовался пониженным количеством выпавших осадков. Урожайность озимой пшеницы по вариантам опыта заметно варьировала в период исследования последствие фосфогипса нейтрализованного: в 2022 г. – от 4,51 до 5,24 т/га; в 2023 г. – от 4,18 до 4,55 т/га; в 2024 г. – от 2,34 до 2,67 т/га.

Заключение. Наибольшую среднюю прибавку урожайности озимой пшеницы за трехлетний период последствие фосфогипса нейтрализованного обеспечила доза 10 т/га (8 % к контролю). Наиболее экономически эффективной стала доза мелиоранта 5 т/га – прибыль составила 11 828,3 руб/га, рентабельность – 29,0 %.

Ключевые слова: Фосфогипс нейтрализованный, дозы фосфогипса, чернозем обыкновенный, солонцеватые почвы, урожайность озимой пшеницы, экономические затраты на химическую мелиорацию

Для цитирования: Гречишкина Ю.И., Матвиенко А.В. Эффективность производства озимой пшеницы на черноземе обыкновенном слабосолонцеватом при использовании фосфогипса нейтрализованного в условиях Центрального Предкавказья. *Аграрный вестник Северного Кавказа*. 2025;15(2):63–73. <https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-2-63-73> EDN VQYVVA

<https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-2-63-73>

EDN VQYVVA

Received: 05.02.2025

Revised: 27.05.2025

Accepted: 03.06.2025

The Efficiency of Winter Wheat Production on Slightly Saline Common Chernozem Using Phosphogypsum Neutralized in the Conditions of the Central Ciscaucasia

Julia I. Grechishkina, ✉ Alexey V. Matvienko

Stavropol State Agrarian University, Stavropol, Russia

✉ stavgeo@rambler.ru

Abstract

Introduction. The Stavropol Krai, a key agricultural region in Russia, faces significant land degradation challenges, with approximately 20 % of its arable land affected by soil salinity. This issue substantially reduces crop yields and threatens regional food security, necessitating the development of sustainable and cost-effective soil reclamation strategies.

Aim. To determine the effectiveness of neutralized phosphogypsum on winter wheat productivity in weakly solonetzic ordinary chernozem.

Materials and methods. The study was conducted from 2021 to 2024 under production conditions in the unstable moisture zone of Stavropol Krai, Russia. The experimental site featured weakly solonetzic ordinary chernozem. Soil samples were collected for agrochemical analysis, and crop yield was recorded with agricultural samples taken for laboratory analysis following methodological guidelines for registration trials of agrochemicals in agriculture.

Results. The study revealed that mean daily air temperature during winter wheat growing seasons (2021–2024) exceeded the norm by 2.8 °C. Moreover, 2023–2024 period was characterized by reduced precipitation. Winter wheat yields varied significantly across treatments during the residual effect period of neutralized phosphogypsum: 2022 – 4.51–5.24 t/ha, 2023 – 4.18–4.55 t/ha, 2024 – 2.34–2.67 t/ha.

Conclusions. The 10 t/ha application rate provided the greatest average yield increase over three years (8 % above control). The 5 t/ha dose proved most economically efficient, demonstrating profit of 11,828.3 RUB/ha and return on investment of 29.0 %.

Keywords: Neutralized phosphogypsum, ordinary chernozem, solonetzic soils, winter wheat yield, winter wheat, economic costs of chemical reclamation

To cite: Grechishkina Y.I., Matvienko A.V. The Efficiency of Winter Wheat Production on Slightly Saline Common Chernozem Using Phosphogypsum Neutralized in the Conditions of the Central Ciscaucasia. *Agrarian Bulletin of the North Caucasus*. 2025;15(2):63–73. <https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-2-63-73> EDN VQYVVA

Введение

Ставропольский край входит в число ключевых регионов России, лидирующих по объемам сельскохозяйственного производства и уровню химизации агропромышленного комплекса. Однако, несмотря на значительные успехи, здесь до сих пор не решена проблема химической мелиорации засоленных почв. Данные почвы приходятся на каждый пятый гектар пашни Ставрополя, что является отрицательным фактором для сельскохозяйственной отрасли региона [1; 2].

Несмотря на то, что черноземы обыкновенные солонцеватые отличаются благоприятными агрохимическими свойствами по основным параметрам плодородия, из-за негативных проявлений солонцеватости их агрономический потенциал слабо реализуем [3]. Данные почвы без проведения мелиоративных мероприятий отличаются пониженной продуктивностью, урожайность зерновых культур на них в среднем снижается на 2–3 ц/га [4].

Одним из самых доступных и эффективных способов химической мелиорации солонцеватых почв является использование фосфогипса [5]. Фосфогипс – это крупнотоннажный побочный продукт, образующийся при взаимодействии серной кислоты с фосфатным сырьем при производстве фосфорной кислоты, являющейся основным компонентом многих фосфорсодержащих удобрений [6]. Фосфогипс используется в сельском хозяйстве благодаря своему богатому составу, содержащему кальций, серу, фосфор и микроэлементы. Все это делает его ценным материалом для повышения плодородия почвы, улучшения урожайности сельскохозяйственных культур и восстановления деградированных земель [7–9]. Так, использование фосфогипса на черноземе выщелоченном достаточно эффективно: он положительно влияет на питательный режим и агрофизические свойства почвы. В частности, в пахотном слое повышается содержание физической глины и снижается плотность [10]. Влияние мелиоранта на продуктивность озимой пшеницы хорошо описана на самых разных подтипах почв [11–14], однако в ходе анализа научных источников данных по эффективности фосфогипса на черноземе обыкновенном слабосолонцеватом мы не обнаружили.

Применение фосфогипса на солонцеватых почвах обладает пролонгированным действием. Даже при относительно небольших дозах мелиоранта благоприятный эффект от его внесения фиксируют на 3–4 год после внесения [15].

Вопрос утилизации фосфогипса является важным и с экологической точки зрения. Его хранение в больших открытых отвалах представляет угрозу для окружающей среды, в том числе существенен риск загрязнения воды, почвы и атмосферы [16; 17]. В случае сухого складирования без нейтрализации в среднем 0,1 % фтора от общего его количества в сухом фосфогипсе выделяется в газовую фазу [18].

Отдельный интерес представляет исследование эффективности фосфогипса нейтрализованного, который получают в ходе процесса нейтрализации физиологически кислого фосфогипса. После процедуры нейтрализации водородный показатель мелиоранта повышается с $pH = 1,5–3,0$ до $pH = 5,0–7,0$, и токсиканты переходят менее доступные формы соединений и/или полностью выводятся из состава фосфогипса [19]. На подобной обработке фосфогипса перед использованием настаивают и зарубежные исследователи для снижения потенциальных экологических и медицинских рисков, связанных с радиацией и тяжелыми металлами [20].

Целью статьи является определение эффективности влияния фосфогипса нейтрализованного на продуктивность и экономическую эффективность возделывания озимой пшеницы на черноземе обыкновенном слабосолонцеватом.

Материалы и методы

Материалы

В качестве объектов исследования выступили фосфогипс нейтрализованный (ФГн) и растения озимой пшеницы.

В опыте был применен фосфогипс нейтрализованный (ФГн) производства АО «Минерально-химическая компания «ЕвроХим», г. Белореченск, Россия. Химический анализ мелиоранта установил следующие данные: содержание серы (S) – 17 %, содержание кальция (Ca) – 21,3 %, содержание фосфора (P_2O_5) – 1,2 %, массовая доля воды – 20 %, показатель активности водородных ионов 1 % суспензии – 6,0 ед.

На опытных делянках возделывалась озимая пшеница сорта Адель. Сорт выведен ФГБНУ «Национальный центр зерна имени П. П. Лукьяненко», в реестр допущенных к возделыванию на территории Северо-Кавказского региона включен в 2014 г. Сорт среднерослый, с повышенной устойчивостью к полеганию. Качество зерна позволило внести его в список «ценных». Морозоустойчивость – средняя, засухоустойчивость – высокая. Средняя урожайность в Северо-Кавказском регионе Российской Федерации составляет 4,16 т/га.

Методы

В качестве методологической основы для проведения полевых учетов и наблюдений использованы рекомендации по проведению регистрационных испытаний агрохимикатов в сельском хозяйстве (2018).

В опыте проводился отбор почвенных образцов с целью агрохимического и агроэкологического анализа и биологический учет урожайности с формированием образцов сельскохозяйственной продукции для лабораторного анализа в соответствии с руководством по проведению регистрационных испытаний агрохимикатов в сельском хозяйстве (2018).

В почвенных образцах определяли: pH по ГОСТ 17.5.4.01–84, содержание подвижных фосфора и калия по ГОСТ 26205–91, органического вещества по ГОСТ 26213–2021, обменных кальция и магния по ГОСТ 26487–85, обменного натрия по ГОСТ 26950–86.

Биологический учет урожайности озимой пшеницы осуществляли с каждой делянки. Расчет экономической эффективности изучаемых препаратов производился по технологическим картам с использованием действующих нормативных затрат и цен.

Процедура исследования

Работы выполнены в 2020–2024 гг. на опытном участке, расположенном на территории ИП Глава К(Ф)Х Сабынин Г. К. Андроповского муниципального округа Ставропольского края. Опыт однофакторный, с систематическим размещением делянок. Ширина делянки – 20 м, длина – 200 м, площадь – 4000 м². Повторность опыта – трехкратная.

Работы по закладке и проведению полевого опыта были начаты в 2020 г. с агрохимического обследования участка, химического анализа фосфогипса и составления схемы опыта. С помощью метода по порогу коагуляции высокодисперсных частиц была определена доза фосфогипса нейтрализованного (10 т/га), которая должна оказать оптимальный мелиорирующий эффект. Схема опыта содержит варианты: без внесения мелиоранта (контроль); фосфогипс нейтрализованный, 5 т/га; фосфогипс нейтрализованный, 10 т/га; фосфогипс нейтрализованный, 15 т/га; фосфогипс нейтрализованный, 20 т/га.

Мелиорант был внесен в 2021 г. с помощью трактора New Holland 8040 с разбрасывателем UMEGA PI 20 по чистому пару. Затем проведено лущение и перемешивание мелиоранта с помощью дисковой бороны Rubin. Заделка в почву – с помощью плуга KVERNELAND на глубину 25 см.

Минеральный фон (хозяйственный) ($N_{46}P_{52}K_{30}$) опыта соответствует технологии, принятой в хозяйстве, и включает внесение под основную обработку почвы аммофоса $N_{12}P_{52}$ и калия хлористого K_{30} , а также весеннюю азотную подкормку аммиачной селитрой в дозировке N_{34} . Внесение удобрений осуществлено разбрасывателем минеральных удобрений AMAZONE в сочетании с трактором New Holland 5670.

Почва опытного участка представлена черноземом обыкновенным слабосолонцеватым глубокосильноносолончаковым малогумусным среднемощным. Агрохимический анализ почвенных образцов пахотного слоя почвы (0–20 см) опытного участка выявил: содержание органического вещества – 5,1 % (среднее), содержание подвижного фосфора – 32 мг/кг (повышенное), содержание подвижного калия – 423 мг/кг (высокое), реакция pH водной суспензии – 7,5 ед. (нейтральная), содержание обменного кальция – 21,2 ммоль/100 г почвы, содержание обменного магния – 11,8 ммоль/100 г почвы, содержание обменного натрия – 0,95 ммоль/100 г почвы.

Наблюдения на опыте проведены в период 2021–2024 гг. Три года подряд возделываемой культурой была озимая пшеница сорта Адель, предшественником был чистый пар. Сев культуры осуществлялся в конце октября – первых числах ноября. Сроки оптимальные для зоны возделывания. Для сева использован трактор New Holland 8040 с сеялкой Amazone DMC 9000. Норма высева – 220 кг/га, или 5 млн всхожих семян на га.

Для защиты посевов от болезней и вредителей использовали гербицид Ирбис в дозе 0,8 л/га, двукратную обработку фунгицидом Новус-Ф, КС в дозе 0,6 л/га, обработку инсектицидом Альфа-циперметрин 0,15 л/га.

Биологический учет урожайности проводился ручным способом в фазу полной спелости озимой пшеницы. Осуществлен поделяночный отбор снопов с последующим определением структуры урожая.

Анализ данных

Для анализа и статистической обработки полученных результатов был использован дисперсионный анализ, приведенный в методических указаниях Б. А. Доспехова (2011). Данный метод общепринят для интерпретации биологических и сельскохозяйственных исследований, учитывает воздействие как регулируемых, так и случайных факторов.

Для оценки влияния погодных факторов на урожайность озимой пшеницы был использован метод корреляционного анализа данных.

Расчет экономической эффективности изучаемого мелиоранта производился по технологическим картам с использованием действующих нормативных затрат и цен. Стоимость сельскохозяйственной продукции получена за счет анализа открытых источников за период проведения исследований.

Результаты и обсуждение

Метеорологические условия в период 2021–2024 гг. отличались от среднесуточных показателей, по данным метеостанции г. Минеральные Воды. Так, по среднесуточной температуре воздуха вегетационный период озимой пшеницы 2021–2022 гг. был выше нормы на 2,1 °С, 2022–2023 гг. – на 2,4 °С,

2023–2024 гг. – на 4,0 °С. В среднем же за период исследований среднесуточная температура воздуха была выше среднесуточных значений на 2,8 °С (рисунок 1).

Среднее значение количества атмосферных осадков за весь период исследований составило 94 % от климатической нормы. Анализ данных выявил значительную вариабельность месячных сумм осадков относительно среднесуточных показателей. В периоды наблюдений 2021–2022 и 2022–2023 гг. суммарное количество осадков приближалось к норме, составляя 101 и 107 % соответственно. Однако в 2023–2024 гг. было зафиксировано существенное снижение осадков, до 74 % от нормы, что свидетельствует о выраженном дефиците увлажнения (рисунок 2).

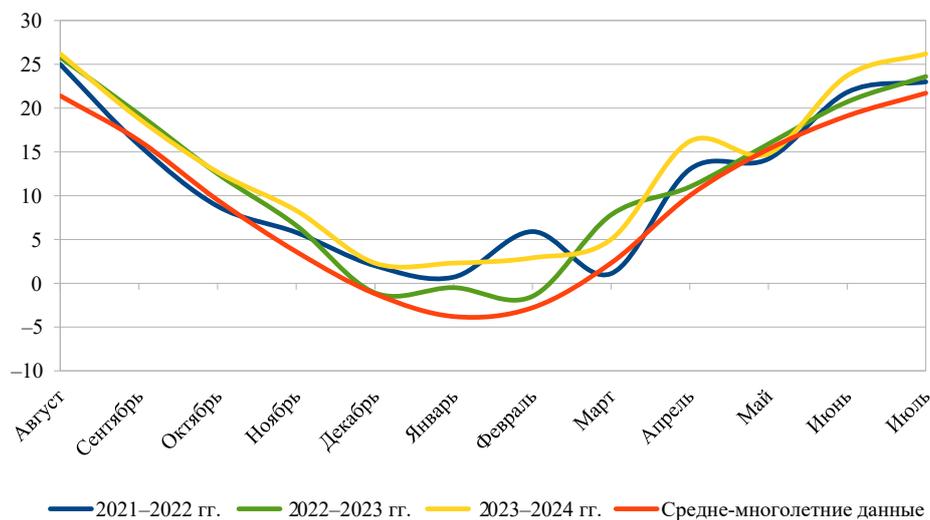


Рис. 1 – Среднесуточная температура воздуха за 2021–2024 гг., °С
Fig. 1 – Average daily air temperature 2021–2024, °С

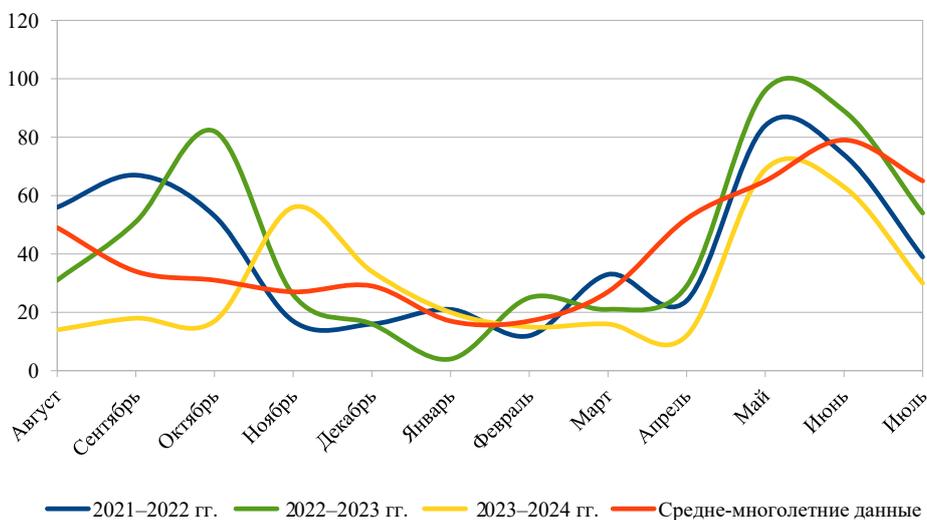


Рис. 2 – Сумма выпавших осадков за 2021–2024 гг., мм
Fig. 2 – The amount of precipitation 2021–2024, mm

Следовательно, в 2021–2022 и 2022–2023 гг. погодные условия были благоприятными для выращивания озимой пшеницы, а в 2023–2024 гг. – удовлетворительными, что найдет подтверждение в полученных нами данных по урожайности. Также погодные условия 2023–2024 гг. привели к тому, что созревание озимой пшеницы состоялось на 2 недели раньше, чем в прошлые годы наблюдений, а, следовательно, изменились сроки учета урожайности.

В результате выполненных нами исследований было установлено, что озимая пшеница отзывчива на применяемые дозы фосфогипса нейтрализованного (таблица 1).

Снижение урожайности наблюдалось на всех вариантах с применением мелиоранта. При пониженной (5 т/га) и рекомендуемой (10 т/га) дозах прибавка составила 0,30–0,31 т/га, что в среднем на 7 % превысило контрольные показатели. Более высокие дозы (15 и 20 т/га) обеспечили увеличение урожайности на 0,33–0,37 т/га, что на 8–9 % выше контроля.

На третий год последствий средняя урожайность озимой пшеницы на всех опытных участках оказалась ниже, чем в 2022–2023 гг., что, вероятно, обусловлено неблагоприятными погодными условиями – дефицитом влаги и неоптимальным температурным режимом в период вегетации.

Таблица 1 – Влияние фосфогипса нейтрализованного на урожайность озимой пшеницы, т/га
Table 1 – The effect of neutralized phosphogypsum on the yield of winter wheat, t/ha

Варианты / показатели	2022 г.		2023 г.		2024 г.		Среднее за 3 года	
	Значение	$\Delta\pm$	Значение	$\Delta\pm$	Значение	$\Delta\pm$	Значение	$\Delta\pm$
1. Контроль	5,01	–	4,18	–	2,34	–	3,84	–
2. ФГн 5 т/га	5,06	0,05	4,48	0,30	2,62	0,28	4,05	0,21
3. ФГн 10 т/га	5,24	0,23	4,49	0,31	2,67	0,33	4,13	0,29
4. ФГн 15 т/га	4,87	–0,14	4,55	0,37	2,67	0,33	4,02	0,18
5. ФГн 20 т/га	4,51	–0,50	4,51	0,33	2,64	0,30	3,89	0,05
НСР05	0,22	–	0,25	–	0,21	–	0,19	–
F05	3,48	–	3,48	–	3,48	–	2,61	–
Fф	15,46	–	3,61	–	4,46	–	4,23	–
Sx %	1,39	–	1,79	–	2,57	–	0,28	–

Достоверность результатов эксперимента в течение трехлетнего периода наблюдений подтверждается статистической обработкой данных: значения F -критерия по годам находились в диапазоне от 3,61 до 15,46.

В первый год после внесения нейтрализованного фосфогипса влияние на урожайность озимой пшеницы было неоднозначным. При дозах мелиоранта 5 и 15 т/га достоверных изменений урожайности не выявлено. Однако применение 10 т/га мелиоранта привело к увеличению урожайности на 0,23 т/га, что на 5 % выше контрольного показателя. В то же время внесение 20 т/га фосфогипса нейтрализованного оказало отрицательное воздействие, снизив урожайность на 0,50 т/га.

На второй год после внесения нейтрализованного фосфогипса урожайность озимой пшеницы показала более устойчивую положительную динамику. Достоверное уве-

Так, с показателями количества выпавших за вегетационный период осадков выявлена сильная положительная корреляционная связь ($r = 0,92$), а с показателями температуры воздуха – сильная отрицательная ($r = -0,98$).

Тем не менее, как и в предыдущем сезоне, достоверное увеличение урожайности зафиксировано на всех делянках с внесением нейтрализованного фосфогипса. Наибольшая прибавка – 0,33 т/га (14 % к контролю) – достигнута при применении 10 и 15 т/га мелиоранта. Доза 20 т/га заняла второе место по эффективности, обеспечив увеличение урожая на 0,30 т/га (13 %). Наименьший результат показал вариант с пониженной нормой внесения (5 т/га), где прирост составил 0,28 т/га (12 %).

Если оценивать среднюю урожайность озимой пшеницы за 3 года наблюдений, то по вариантам опыта она варьировала от 3,84

до 4,13 т/га. На вариантах с внесением 20 т/га фосфогипса нейтрализованного относительно контроля была получена средняя прибавка урожайности в 1 %. На вариантах с внесением 5 и 15 т/га мелиоранта прибавка урожайности составила порядка 5 %. Максимальная средняя прибавка урожайности за 3 года выявлена на варианте с внесением 10 т/га мелиоранта, где она составила порядка 8 %. При этом по значению НСР в среднем за период исследований достоверную прибавку урожайности продемонстрировали только варианты с внесением 5 и 10 т/га фосфогипса нейтрализованного. Считаем, что для оценки последствий мелиоранта при внесении 15 и 20 т/га нужно использовать более длительный период наблюдений.

Для экономического обоснования применения фосфогипса нейтрализованного в качестве химического мелиоранта черноземов обыкновенных слабосолонцеватых проведена оценка рентабельности возделывания озимой пшеницы при различных дозах его внесения. Экономические расчеты были проведены по технологическим картам, которые разработаны в соответствии со стандартной агротехникой, адаптированной к почвенно-климатическим условиям Андроповского муниципального округа Ставропольского края и ресурсным возможностям К(Ф)Х Сабынина Г. К. Базовые расчеты выполнены для условного участка 100 га с применением нормативов выработки и топливных затрат.

Расчеты на приобретение и транспортировку фосфогипса нейтрализованного до места внесения составлены исходя из его доставки из г. Белореченска Краснодарского края. Согласно действующим условиям отгрузки, цена мелиоранта составляет 12 руб/т. Дополнительные расходы включают: 5 руб/т – погрузка мелиоранта; 6 руб/т·км – транспортировка (рыночная ставка). Расстояние от г. Белореченска до с. Крымгиреевское – 278 км, поэтому стоимость доставки одной тонны составила 1668 руб/т. Общие затраты (приобретение, погрузка, доставка) – 1685 руб/т.

Для установления цен на готовую продукцию использованы данные официальных сайтов крупных дистрибьюторов и агрегаторов цен на сельскохозяйственную продукцию (ТД «РИФ», АО «Астон», «АгроНовости»). Выбор уровня цен также соответствует классу зерна, определенному по содержанию клейковины: в 2022–2023 гг. на всех вариантах опыта было получено зерно 5-го класса, в 2024 г. на контроле 4-го класса, на вариантах с внесением фосфогипса нейтрализованного – 3-го класса.

Поскольку фосфогипс вносился единообразно в 2021 году, его стоимость была равномерно распределена на все годы исследования для корректного сравнения экономических показателей. Средняя за 3 года исследований структура производственных затрат на возделывание озимой пшеницы представлена на рисунке 3.

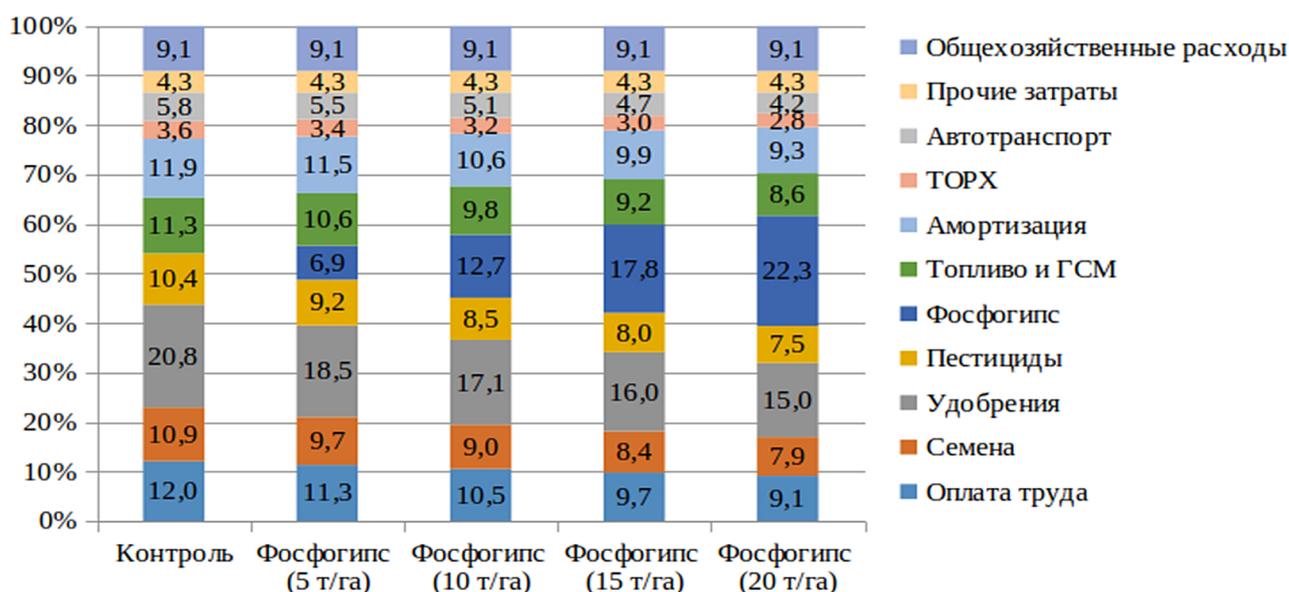


Рис. 3 – Структура производственных затрат возделывания озимой пшеницы при применении фосфогипса нейтрализованного в среднем за 3 года, %

Fig. 3 – The structure of the production costs of winter wheat cultivation using neutralized phosphogypsum for an average of 3 years, %

Таблица 2 – Показатели экономической эффективности возделывания озимой пшеницы при применении фосфогипса нейтрализованного в среднем за 2022–2024 гг.

Table 2 – Economic efficiency indicators of winter wheat cultivation using phosphogypsum neutralized on average for 2022–2024

Показатель	Ед. изм.	Вариант опыта				
		1. Кон- троль	2. ФГн 5 т/га	3. ФГн 10 т/га	4. ФГн 15 т/га	5. ФГн 20 т/га
Урожайность	т/га	3,84	4,05	4,13	4,03	3,89
Цена реализации	руб/т	12000,0	13000,0	13000,0	13000,0	13000,0
Выручка от реализации	руб/га	46080,0	52650,0	53690,0	52390,0	50570,0
Затраты труда на 1 га	чел.-ч/га	8,5	8,9	8,9	8,9	8,9
Затраты труда на 1 т	чел.-ч/т	2,2	2,2	2,2	2,2	2,3
Производственные затраты	руб/га	36346,9	40821,7	44129,1	47293,0	50425,0
Себестоимость 1 т продукции	руб/т	9465,3	10079,4	10685,0	11735,2	12962,7
Прибыль	руб/га	9733,1	11828,3	9560,9	5097,0	145,0
Уровень рентабельности	%	26,8	29,0	21,7	10,8	0,3

В структуре производственных затрат на выращивание пшеницы, рассчитанных в среднем за три года, наибольшая доля приходится на: удобрения (17,5 %), амортизацию (10,8 %), оплату труда (10,5 %), топливо (9,9 %). Эти данные согласуются с расчетами по отдельным годам. При этом с повышением нормы внесения нейтрализованного фосфогипса его доля в общих затратах увеличилась с 2,1 до 8 %.

Средние за 3 года данные по эффективности возделывания озимой пшеницы в ходе исследований представлены в таблице 2.

Расчеты экономической эффективности в среднем за 3 года установили, что наибольшая прибыль и рентабельность достигнуты при внесении 5 т/га фосфогипса нейтрализованного: прибыль составила 11 828,3 руб/га, что на 21,5 % выше, чем на контроле; уровень рентабельности – 29,0 %, максимальный среди всех вариантов.

Доза мелиоранта 10 т/га, несмотря на максимальную урожайность, показала снижение эффективности по сравнению с 5 т/га: прибыль составила 9560,9 руб/га, что на 19,2 % ниже, чем при 5 т/га; рентабельность – 21,7 %.

За исследуемый период последствия фосфогипса нейтрализованного, 3 года, повышенные дозы мелиоранта (15 и 20 т/га) экономически нецелесообразны: при 15 т/га прибыль упала до 5097,0 руб/га, рентабельность – 10,8 %; при 20 т/га прибыль практически отсутствует (145 руб/га), рентабельность – 0,3 %. Считаем, что оценку

данных доз фосфогипса целесообразно проводить при более длительном периоде наблюдений. Также в этом случае необходимо рассмотреть возможность государственного субсидирования части затрат на внесение мелиоранта.

Заключение

По итогам проведенного исследования было установлено, что с учетом последствий фосфогипса нейтрализованного наиболее эффективной с точки зрения получения валовой продукции была доза мелиоранта 10 т/га, при которой средняя прибавка урожайности озимой пшеницы за 3 года составила 8 %. Данная прибавка была относительно стабильной во все годы исследований. Дозы 5 и 15 т/га мелиоранта также показали положительный эффект (5 % прибавки), но менее выраженный. Наименьшая эффективность наблюдалась при дозе 20 т/га (1 % прибавки).

Если к оценке эффективности мелиоранта подходить с экономической точки зрения, то было установлено, что оптимальной дозой мелиоранта является 5 т/га, которая обеспечивает получение наибольшей прибыли – 11 828,3 руб/га, а также максимальный уровень рентабельности – 29,0 %. Второй по эффективности оказалась расчетная доза мелиоранта 10 т/га, обеспечивающая прибыль 9560,9 руб/га при рентабельности 21,7 %.

Вклад авторов

Ю. И. Гречишкина: администрирование, концептуализация, создание рукописи и ее редактирование.

А. В. Матвиенко: формальный анализ, проведение исследования, создание черновика рукописи.

Contribution

Yu. I. Grechishkina: project administration, conceptualization, writing – review & editing.

A. V. Matvienko: formal analysis, investigation, writing – original draft.

Конфликт интересов

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Список литературы / References

1. Подколзин А.И., Беликова С.В., Бурлай А.В. *Солонцовые почвы Ставрополя, их свойства и приемы улучшения*. Ставрополь : Ставропольская краевая типография, 2018. 320 с.
Podkolzin A.I., Belikova S.V., Burlai A.V. *Saline soils of Stavropol, their properties and methods of improvement*. Stavropol : Stavropol Regional Printing House; 2018. 320 p. (In Russ.)
2. Чекмарев П.А., Ситников В.Н., Егоров В.П. и др. *Справочник агрохимика Ставрополя*. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации. Ставрополь: [б.и.], 2019. 644 с.
Chekmarev P.A., Sitnikov V.N., Egorov V.P. et al. *Handbook of agricultural chemists of Stavropol*. Ministry of Agriculture of the Russian Federation. Stavropol: [B.I.], 2019. 644 p. (In Russ.)
3. Матвиенко А.В., Гречишкина Ю.И. Сравнительная характеристика агрохимических показателей чернозёма обыкновенного солонцеватого в условиях Центрального Предкавказья. *Биологизация земледелия – основа продовольственной безопасности России в длительной перспективе : сборник научных статей*. 2024;96–100.
Matvienko A.V., Grechishkina Yu.I. Comparative characteristics of agrochemical indicators of ordinary saline chernozem in the conditions of the central Ciscaucasia. *Biologization of agriculture – the basis of Russia’s food security in the long term : a collection of scientific articles*. 2024;96–100. (In Russ.)
4. Годунова Е.И. *Засолённые почвы Ставрополя и пути их мелиорации* : монография. Ставрополь : ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ»; Ставрополь-Сервис-Школа, 2022. 466 с.
Godunova E.I. *Saline soils of Stavropol and ways of their reclamation* : monograph. Stavropol : Federal State Budgetary Institution «North Caucasian National Research University»; Stavropol-Service School, 2022. 466 p. (In Russ.)
5. Троц Н.М., Боровкова Н.В., Соловьев А.А. Оценка эффективности фосфогипса в агроценозах ярового ячменя. *Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии*. 2022;1:3–11.
Trots N.M., Borovkova N.V., Soloviev A.A. Efficiency of phosphogypsum in agrocenosis of spring barley. *Proceedings of the Samara State Agricultural Academy*. 2022;1:3–11. (In Russ.)
6. Nayak S., Mishra C.S., Guru B.C., Rath M. Effect of phosphogypsum amendment on soil physico-chemical properties, microbial load and enzyme activities. *Journal of Environmental Biology*. 2011;32(5):613–617.
7. Maina L., Kiegiel K., Zakrzewska-Kołtuniewicz G. Challenges and Strategies for the Sustainable Environmental Management of Phosphogypsum. *Sustainability*. 2025;17.3473. <https://doi.org/10.3390/su17083473>
8. Qi J., Zhu H., Zhou P. et al. Application of phosphogypsum in soilization: a review. *International Journal of Environmental Science and Technology*. 2023;20(9). <https://doi.org/10.1007/s13762-023-04783-2>
9. Mu L., Zhou H., Li A., Wang L., Wang J., Sun S., Zhang N., Bao L. The Effects of the Combined Application of Biochar and Phosphogypsum on the Physicochemical Properties of Cd-Contaminat-

- ed Soil and the Yield Quality of Chinese Cabbage. *Agriculture*. 2024;14(11):1865. <https://doi.org/10.3390/agriculture14111865>
10. Муравьев Е.И., Добрыднев Е.П., Белюченко И.С. Перспективы использования фосфогипса в сельском хозяйстве. *Экологический Вестник Северного Кавказа*. 2008;4(1):31–39.
Muravyev E.I., Dobrydnev E.P., Belyuchenko I.S. The perspectives of phosphogypsum utilization in the agricultural sector. *Ecological Bulletin of the North Caucasus*. 2008;4(1):31–39. (In Russ.).
 11. Аканова Н.И., Холомьева Л.Н., Плескачев Ю.Н., Можаренко М.Н. Эффективность применения фосфогипса на дерново-подзолистых почвах в посевах озимой пшеницы. *Проблемы агрохимии и экологии*. 2024;1:27–35. <https://doi.org/10.26178/4895.2024.70.28.006>
Akanova N.I., Kholomyeva L.N., Pleskachev Yu.N., Mozhareno M.N. Efficiency of phosphogypsum application on soddy-podzolic soils in winter wheat crops. *Problems of Agrochemistry and Ecology*. 2024;1:27–35. (In Russ.). <https://doi.org/10.26178/4895.2024.70.28.006>
 12. Шеуджен А.Х., Бондарева Т.Н., Хурум Х.Д., Лебедовский И.А., Хачмамук П.Н., Есипенко С.В., Перепелин М.А., Верещакова А.А. Эффективность различных форм фосфогипса нейтрализованного на посевах пшеницы озимой в качестве многокомпонентного удобрения. *Плодородие*. 2024;6:24–29. <https://doi.org/10.25680/S19948603.2024.141.05>
Sheudjen A.Kh., Bondareva T.N., Hurum H.D., Lebedovsky I.A., Khachmamuk P.N., Esipenko S.V., Perepelin M.A., Vereshchakova A.A. Effectiveness of different forms of neutralized phosphogypsum when used on winter wheat crops as a polycomponent fertilizer. *Plodородие*. 2024;6:24–29. (In Russ.). <https://doi.org/10.25680/S19948603.2024.141.05>
 13. Визирская М.М., Аканова Н.И., Бельтюков Л.П. Эффективность применения фосфогипса при возделывании льна масличного и озимой пшеницы. *Плодородие*. 2020;5(116):66–68. <https://doi.org/10.25680/S19948603.2020.116.19>
Vizirskaya M.M., Akanova N.I., Beltyukov L.P. Efficiency of phosphogypsum application during cultivation of oil flax and winter wheat. *Plodородие* 2020;5(116):66–68. (In Russ.). <https://doi.org/10.25680/S19948603.2020.116.19>
 14. Цховребов В.С., Умаров А.Б., Фаизова В.И., Новиков А.А. Влияние фосфогипса и удобрений на содержание элементов питания в черноземе южном и урожайность озимой пшеницы. *Деловой вестник АПК. Ставропольский край*. 2021;3:54–59. <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2019-10703>
Tskhovrebov V.S., Umarov A.B., Faizova V.I., Novikov A.A. The effect of phosphogypsum and fertilizers on the content of nutrients in southern chernozem and the yield of winter wheat. *Business bulletin of the Agroindustrial Complex. Stavropol territory*. 2021;3:54–59. (In Russ.). <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2019-10703>
 15. Аканова Н.И., Шеуджен А.Х., Визирская М.М., Андреев А.А. Агроэкологическая эффективность нейтрализованного фосфогипса как химического мелиоранта и фосфорсодержащего минерального удобрения в условиях богарного земледелия Краснодарского края. *Международный сельскохозяйственный журнал*. 2018;2:32–37.
Akanova N.I., Sheudzhen A.Kh., Vizirskaya M.M., Andreev A.A. Agro-ecological efficiency of neutralized phosphogypsum as a chemical meliorant and phosphorus-containing mineral fertilizer in the conditions of rain-fed agriculture of the Krasnodar Territory. *International Agricultural Journal*. 2018;2:32–37. (In Russ.).
 16. Maina L., Kiegiel K., Chajduk E., Zakrzewska-Kołtuniewicz G. Chemical and radiochemical characterization of phosphogypsum from Poland. *Nukleonika*. 2024;69(2):113–7. <https://doi.org/10.2478/nuka-2024-0016>
 17. Jin Y., Yang D., Wu Y. et al. Preparation of Biofertilizer with Phosphogypsum and Straw: Microbial Community Changes and Plant Growth Effects. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. 2024;24(4). <https://doi.org/10.1007/s42729-024-01806-w>
 18. Гончаров В.М., Скориков С.В. Проблемы и пути утилизации фосфогипса с разработкой эффективных технологий и новых стройматериалов с соответствующими потребительскими характеристиками. *Евразийский Союз Ученых*. 2014;7(1):50–52.
Goncharov V.M., Skorikov S.V. Problems and ways of utilization of phosphogypsum with the development of effective technologies and new building materials with appropriate consumer characteristics. *The Eurasian Union of Scientists*. 2014;7(1):50–52. (In Russ.).

19. Агапова П.В., Киселев М.В., Фрейдкин И.А. Оценка биологической эффективности применения обезфторенного фосфогипса в качестве удобрения в последствии. *Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета*. 2024;1(75):48–57. <https://doi.org/10.24411/2078-1318-2023-5-72-80>
Agarova P.V., Kiselev M.V., Freidkin I.A. Assessment of biological efficiency of application of defluorinated phosphogypsum as residual fertilizer. *Izvestiya Saint-Petersburg State Agrarian University*. 2024;1(75):48–57. (In Russ.). <https://doi.org/10.24411/2078-1318-2023-5-72-80>
20. Luo A., Li J., Xiao Y., He Z., Liang J. Engineering Soil Quality and Water Productivity Through Optimal Phosphogypsum Application Rates. *Agronomy*. 2025;15(1):35. <https://doi.org/10.3390/agronomy15010035>

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Гречишкина Юлия Ивановна –

доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агрохимии и физиологии растений, Ставропольский государственный аграрный университет, г. Ставрополь, Россия
<https://orcid.org/0000-0003-2236-5724>
SPIN-код: [1062-0407](https://orcid.org/0000-0003-2236-5724)
lnwg@mail.ru

Матвиенко Алексей Викторович –

аспирант кафедры агрохимии и физиологии растений, Ставропольский государственный аграрный университет, г. Ставрополь, Россия
<https://orcid.org/0009-0006-7568-9668>
SPIN-код: [7188-2197](https://orcid.org/0009-0006-7568-9668)
stavgeo@rambler.ru

ABOUT THE AUTHORS

Yulia I. Grechishkina –

Dr. Sci. (Agric.), Prof., Department of Agrochemistry and Plant Physiology, Stavropol State Agrarian University, Stavropol, Russia
<https://orcid.org/0000-0003-2236-5724>
lnwg@mail.ru

Alexey V. Matvienko –

Postgraduate student, Department of Agrochemistry and Plant Physiology, Stavropol State Agrarian University, Stavropol, Russia
<https://orcid.org/0009-0006-7568-9668>
stavgeo@rambler.ru



<https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-2-74-84>

EDN WHAQFW

УДК 633.854.78:631.8:213.52



Поступила: 26.02.2025

Доработана: 06.06.2025

Принята: 12.06.2025

Оптимизация содержания в почве макро- и микроэлементов в посевах подсолнечника в условиях зоны неустойчивого увлажнения Центрального Предкавказья

М.К.Р. Аль-Аттафи, ✉ А.Н. Есаулко, А.С. Котова

Ставропольский государственный аграрный университет, г. Ставрополь, Россия

✉ aesaulko@yandex.ru

Аннотация

Введение. В условиях зоны рискованного земледелия Центрального Предкавказья дефицит доступных форм питательных элементов в черноземах выщелоченных является лимитирующим фактором продуктивности подсолнечника. Существующие системы удобрения не всегда учитывают региональные особенности почвенного плодородия, что обуславливает необходимость разработки адаптивных технологий питания сельскохозяйственных культур.

Цель. Оптимизировать содержание макро- и микроэлементов в слое (0–30 см) чернозема выщелоченного для достижения планируемой урожайности подсолнечника гибрида Арис в условиях зоны неустойчивого увлажнения региона.

Материалы и методы. Полевые исследования проводили в 2021–2023 гг. на базе учебно-опытного хозяйства Ставропольского государственного аграрного университета (юг России). Изучали эффективность различных доз NPK (контроль, рекомендованная и расчетные дозы под планируемую урожайность 2,5 и 3,5 т/га) и микроудобрений (Золото полей «Все включено» и WUXAL «Борон рН»).

Результаты. Применение расчетных доз минеральных удобрений в сочетании с микроудобрениями позволяет существенно повысить продуктивность подсолнечника. Наибольшая урожайность культуры достигнута при использовании расчетной дозы удобрений, учитывающей планируемый уровень продуктивности. Особенно эффективным оказалось применение дозы минеральных удобрений, рассчитанной по авторской методике, при урожайности подсолнечника 3,5 т/га, которая обеспечила достоверную прибавку урожая на всех изучаемых фонах минерального питания. Также отмечено улучшение агрохимических показателей почвы, выразившееся в увеличении содержания доступных форм азота, фосфора и калия.

Заключение. Разработанная система удобрений позволяет повысить продуктивность подсолнечника на 6–54 % по сравнению с традиционной технологией. Полученные результаты имеют практическое значение для сельхозпроизводителей Центрального Предкавказья, позволяя оптимизировать затраты на минеральное питание культур.

Ключевые слова: Подсолнечник, чернозем выщелоченный, минеральные удобрения, урожайность, доза удобрения, микроудобрения, макро- и микроэлементы

Для цитирования: Аль-Аттафи М.К.Р., Есаулко А.Н., Котова А.С. Оптимизация содержания в почве макро- и микроэлементов в посевах подсолнечника в условиях зоны неустойчивого увлажнения Центрального Предкавказья. *Аграрный вестник Северного Кавказа*. 2025;15(2):74–84. <https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-2-74-84> EDN WHAQFW

<https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-2-74-84>

EDN WHAQFW

Received: 26.02.2025

Revised: 06.06.2025

Accepted: 12.06.2025

Optimization of Macro- and Microelement Content in Soil for Sunflower Cultivation under Unstable Moisture Conditions of the Central Ciscaucasus Region

Mohammed K. R. Al-Attafi, ✉ Aleksandr N. Esaulko, Arina S. Kotova

Stavropol State Agrarian University, Stavropol, Russia

✉ aesaulko@yandex.ru

Abstract

Introduction. In the risky farming zone of the Central Ciscaucasus region, the deficiency of available nutrient forms in leached chernozems is a limiting factor for sunflower productivity. Existing fertilization systems do not always account for regional soil fertility characteristics, necessitating the development of adaptive crop nutrition technologies.

Aim. To optimize the content of macro- and microelements in the 0–30 cm layer of leached chernozem to achieve the target yield of the Aris sunflower hybrid under unstable moisture conditions in the region.

Materials and methods. Field studies were conducted from 2021 to 2023 at the experimental farm of Stavropol State Agrarian University (southern Russia). The effectiveness of different NPK doses (control, recommended and calculated doses for target yields of 2.5 and 3.5 t/ha) and micronutrient fertilizers (Zoloto Polei «All Inclusive» and WUXAL «Boron pH») was evaluated.

Results. The application of calculated mineral fertilizer doses combined with micronutrient fertilizers significantly increased sunflower productivity. The highest crop yield was achieved using fertilizer doses calculated for the target productivity level. Particularly effective was the application of mineral fertilizers calculated using the authors' methodology for a sunflower yield of 3.5 t/ha, which provided a reliable yield increase across all studied nutrition backgrounds. Improvement in soil agrochemical indicators was also noted, manifested in increased content of available nitrogen, phosphorus and potassium forms in the soil.

Conclusions. The developed fertilization system increases sunflower productivity by 6–54 % compared to conventional technology. The obtained results have practical significance for agricultural producers in the Central Ciscaucasus region, allowing optimization of mineral nutrition costs for crops.

Keywords: Sunflower, leached chernozem, mineral fertilizers, yield, fertilizer dose, microfertilizers, macro- and microelements

To cite: Al-Attafi M.K.R., Yesaulko A.N., Kotova A.S. Optimization of the content of macro- and microelements in sunflower crops in the conditions of the zone of unstable moisture of the central ciscaucasus. *Agrarian Bulletin of the North Caucasus*. 2025;15(2):74–84. (In Russ.). <https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-2-74-84> EDN WHAQFW

Введение

Обеспечение масличного производства в России качественным сырьем играет важную роль в продовольственной безопасности, что в конечном счете определяет эффективность отраслей отечественной промышленности, а в агропромышленном комплексе страны – работу масличного подкомплекса [1–3]. Подсолнечник является основной масличной культурой в стране и имеет важное народнохозяйственное значение. Занимая ведущее место в России, он возделывался на протяжении 2021–2024 гг. на площади 9,5–9,8 млн га со средней урожайностью 1,63–1,69 т/га. Ставропольский край является одним из основных регионов по производству подсолнечника в России – культура выращивалась за аналогичный период на площади 242–278 тыс. га со средней урожайностью 14,6–2,29 т/га [4–6].

В почвенно-климатических условиях Центрального Предкавказья отмечается неустойчивая урожайность подсолнечника, которая находилась в пределах от 1,46 т/га в 2024 г. до 2,29 т/га в 2023 г. Это связано как с неустойчивыми погодными условиями, так и с неправильным применением макро- и микроудобрений, избыточным или недостаточным их внесением, использованием неоптимальных способов внесения [7–9].

В увеличении урожайности и достижении максимальных показателей качества маслосемян подсолнечника важное значение имеет интегрированное применение минеральных и комплексных микроудобрений [10–12]. Новые комплексные микроудобрения, применяемые в посевах подсолнечника, недостаточно изучены. Исследования показывают, что микроэлементы не только способствуют повышению урожайности, но и улучшают качество получаемой продукции, особенно на высоком фоне основного внесения минеральных удобрений [13–15]. Так, в ряде экспериментов, проведенных на черноземах выщелоченных с низким и средним содержанием микроэлементов, было отмечено повышение урожайности семян подсолнечника на 10–14 %, а также значительное увеличение их масличности [16–18].

Подсолнечник обладает уникальной особенностью – формированием ткани, накапливающей жир. Этот признак определяется генетически, однако степень заполнения этой ткани синтезируемым маслом может варьироваться в зависимости от используемых технологических методов. Например, масличность семян современных сортов и гибри-

дов подсолнечника составляет от 48 до 56 % [19; 20].

В современных исследованиях для зоны неустойчивого увлажнения не разработаны схемы внесения макро- и микроудобрений, учитывающие сокращение сроков возврата подсолнечника на прежнее место. Исследования показывают, что без удобрений урожайность снижается на 28–30 %, но оптимальные дозы NPK для минимизации этих потерь не определены. А также отсутствуют данные по экономической эффективности листовых подкормок в зависимости от влагообеспеченности (ГТК = 0,6–1,3).

Цель исследований заключалась в оптимизации содержания макро- и микроэлементов в 0–30 см слое чернозема выщелоченного для получения расчетного уровня урожайности подсолнечника в условиях зоны неустойчивого увлажнения Центрального Предкавказья.

Материалы и методы

Материалы

Объектом исследования являлся гибрид подсолнечника – Арис (оригинатор ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК). Предшественник – озимая пшеница [3; 4].

Опыт двухфакторный: фактором А является фон питания (дозы минеральных удобрений), фактором В – микроудобрения [5; 9].

Методы

Учет урожая проводили по методике Госсортоиспытания (2019). Содержание в почве нитратного азота – с помощью ионоселективного электрода (ГОСТ 26951–86). Содержание подвижного фосфора и калия в почве определяли по методу Мачигина в модификации ЦИНАО, ГОСТ 26205–91.

На фонах с расчетными дозами нормы минеральных удобрений ежегодно корректировались в зависимости от агрохимических показателей чернозема выщелоченного [3; 4]. Микроудобрения вносились в фазы 4–5 пар настоящих листьев и в фазу формирования корзинки в дозировке: 1 л/га [5; 9]. Обработку полученных данных проводили методом дисперсионного анализа.

Процедура исследования

Исследования проводились в период с 2021 по 2023 г. на территории сельскохозяйственной опытной станции, расположенной на землепользовании Ставропольского ГАУ в пределах Грачевско-Калаусского

ландшафта в условиях лесостепной зоны Центрального Предкавказья. Территория землепользования расположена в условиях зоны неустойчивого увлажнения Ставропольского края. По среднемноголетним данным, количество осадков составляет 551 мм, а активные температуры колеблются в пределах 3000–3200 °С, ГТК составляет 1,1–1,3 [5; 9; 22].

На месте проведения экспериментально-исследования почвенный покров представлен черноземом выщелоченным мощным малогумусным тяжелосуглинистым. Агрохимические показатели почвы в ходе обследования перед закладкой опыта характеризовались повышенным содержанием подвижного фосфора (P_2O_5) – в пределах 32–36 мг/кг, средней обеспеченностью подвижного калия (K_2O) в пределах 250–264 мг/кг и S – 6,9–7,2 мг/кг, средней обеспеченностью органическим веществом 5,2–5,3 %, и нейтральной реакцией почвенного раствора 6,1–6,5 ед [5; 9; 22].

Схема двухфакторного опыта представляла собой размещение вариантов по методу расщепленных делянок, повторность 3-кратная, учетная площадь делянки – 100 м² [5; 9].

Фактор А: 1) контроль (без удобрения); 2) рекомендованная доза минеральных удобрений – $N_{60}P_{70}K_{40}$ [21]; 3) расчетная доза удобрений на планируемый урожай 2,5 т/га – $N_{73}P_{45}K_{45}$; 4) расчетная доза удобрений на планируемый урожай 3,5 т/га – $N_{94}P_{65}K_{45}$. На фоне с рекомендованной дозой минеральных удобрений вносились до посева нитроаммофоска 200 кг/га ($N_{32}P_{32}K_{32}$) и аммиачная селитра 50 кг/га (N_{17}) и аммофос 57 кг/га (N_7P_{30}), а при посеве нитроаммофоска 50 кг/га ($N_8P_8K_8$).

Микроудобрения В: 1. Контроль (без микроудобрений); 2. Золото полей «Все включено» (производитель «Золото полей») – комплексное инновационное удобрение в жидкой форме. Состав: N – 60–90 г/л, P_2O_5 – 4–5 г/л, K_2O – 15–20 г/л, S – 20–25 г/л, MgO – 16–20 г/л, Na – 5–7 г/л, B – 2–2,5 г/л, Mo – 0,5–1 г/л, в хелатной форме – CaO – 5–10 г/л, Fe – 6–9 г/л, Zn – 16–20 г/л, Cu – 5–7 г/л, Mn – 4–6 г/л, Co – 0,1–0,25, Ni – 0,8–1,2 мг/л, Li – 0,1–0,3 мг/л, Se – 0,17–0,38 мг/л, Ba – 0,12–0,2 мг/л, Ag – 0,03–0,1 мг/л; 3. WUXAL «Борон рН» – инновационная суспензия для безопасного применения на культурах, чувствительных к недостатку бора. Состав: N – 70,0 г/л, P_2O_5 – 183 г/л, B – 108,0 г/л, SO₃ – 5,5 г/л, Cu – 0,7, Fe – 1,4, Mn – 0,7, Mo – 0,014, Zn – 0,7 (компания AGLUKON GmbH).

Результаты и обсуждение

Климатические условия в годы проведения опыта

По количеству выпавших осадков и температурному режиму между собой годы исследований значительно различались, но все они превышали среднемноголетние показатели: в 2021 году сумма выпавших осадков составила – 912,2 мм, превысив среднемноголетнюю норму на 361,2 мм, а в 2022 году (578,8 мм) превысила многолетнюю норму на 27,8 мм.

К 2023 году сумма выпавших осадков составила 707,4 мм, превысив среднемноголетний показатель на 156,4 мм. Среднесуточная температура воздуха в годы проведения исследований превышала среднемноголетнюю норму в 2021 году на 1,3 °С, в 2022 году – на 1,6 °С, а в 2023 году на 2,5 °С. Оптимальными погодными условиями для растений подсолнечника в годы проведения исследований оказались условия 2023 года, когда количество выпавших осадков составило 707,4 мм, а среднесуточная температура приблизилась к 11,7 °С.

Нитратный азот

В среднем за годы опыта применение минеральных удобрений оказало существенное влияние на накопление элемента в слое 0–30 см чернозема выщелоченного. Применение микроудобрения «Все включено» в среднем на фоне минерального питания и по срокам отбора несущественно повышало в 0–30 см слое чернозема выщелоченного содержание нитратного азота по сравнению с вариантом применения с микроудобрением «Борон рН»: на 0, 1 мг/кг почвы, по сравнению с контролем разница не зафиксирована.

Увеличение доз минерального питания способствовало большему поступлению элемента в почвенный покров. Максимальное в опыте среднее накопление нитратного азота в 0–30 см слое почвы чернозема выщелоченного наблюдалось на варианте с расчетной дозой минеральных удобрений (3,5 т/га) $N_{90}P_{80}K_{62}$ – 17,5 мг/кг почвы. За период вегетации культуры в среднем в слое 0–30 см почвы происходило неуклонное достоверное снижение нитратного азота на 8,6–7,5 мг/кг почвы. Активное поглощение нитратного азота растениями подсолнечника из почвы можно объяснить следующим: в процессе фотосинтеза растения используют азот для синтеза белков и других органических соединений с целью формирования большей биомассы (таблица 1).

Подвижный фосфор

Динамика содержания фосфора в 0–30 см слое почвы схожа с динамикой показателей содержания нитратного азота в почве, также наблюдалось существенное снижение концентрации элемента от 2,5 до 7,1 мг/кг почвы в межфазный период бутонизация – полная спелость (таблица 2).

Максимальное содержание элемента в почве было отмечено на варианте с дозой применения минеральных удобрений на планируе-

мую урожайность 3,5 т/га – $N_{90}P_{80}K_{62}$ – 34,1 мг/кг почвы, что существенно превышало изучаемые варианты на 2,0–6,8 мг/кг почвы. Применение микроудобрения «Борон рН» в среднем на фоне минеральных удобрений и в период учета по фазам развития подсолнечника несущественно повышало содержание подвижного фосфора в 0–30 см слое почвы по сравнению с контрольным вариантом и микроудобрением «Все включено» – на 1 и 1,6 мг/кг почвы соответственно.

Таблица 1 – Влияние минеральных и микроудобрений на динамику содержания нитратного азота (мг/кг) в слое 0–30 см чернозема выщелоченного, среднее за 2021–2023 гг.

Table 1 – Influence of mineral and micro fertilizers on the dynamics of nitrate nitrogen content (mg/kg) in a layer of 0–30 cm of leached chernozem, average for 2021–2023

Доза минеральных удобрений (А)	Микроудобрения (В)	Срок отбора, С			НСП, А = 1,14	НСП, В = 0,82
		Бутонизация	Цветение	Полная спелость		
Контроль (без удобрений)	Контроль	14,8	8,8	4,1	8,8	13,7
	Все включено	13,8	8,0	3,5		13,7
	Борон рН	14,5	8,0	3,5		13,6
Рекомендованная – $N_{60}P_{70}K_{40}$	Контроль	20,4	12,0	6,2	13,0	
	Все включено	21,8	13,0	5,4		
	Борон рН	21,2	12,5	4,8		
Расчетная (2,5 т/га) – $N_{74}P_{64}K_{48}$	Контроль	23,4	14,8	7,4	15,5	
	Все включено	24,5	15,5	6,4		
	Борон рН	25,2	16,2	6,2		
Расчетная (3,5 т/га) – $N_{90}P_{80}K_{62}$	Контроль	27,2	16,7	8,8	17,5	
	Все включено	28,8	17,3	6,4		
	Борон рН	28,0	16,5	7,5		
НСП, С = 1,96		21,9	13,3	5,8	НСП = 2,12	

Таблица 2 – Влияние минеральных и микроудобрений на динамику содержания подвижного фосфора (мг/кг) в слое 0–30 см чернозема выщелоченного, среднее за 2021–2023 гг.

Table 2 – Influence of mineral and micro fertilizers on the dynamics of mobile phosphorus content (mg/kg) in a layer of 0–30 cm of leached chernozem, average for 2021–2023

Доза минеральных удобрений (фактор А)	Микроудобрения (фактор В)	Срок отбора, С			НСП, А = 1,98	НСП, В = 1,62
		Бутонизация	Цветение	Полная спелость		
Контроль (без удобрений)	Контроль	30,5	26,1	24,9	27,3	30,6
	Все включено	31,5	25,2	23,7		30,0
	Борон рН	32,2	26,8	24,5		31,6
Рекомендованная – $N_{60}P_{70}K_{40}$	Контроль	36,8	30,5	28,4	32,1	
	Все включено	37,5	30,0	27,4		
	Борон рН	38,3	31,8	28,4		
Расчетная (2,5 т/га) – $N_{74}P_{64}K_{48}$	Контроль	35,4	28,2	26,0	29,9	
	Все включено	35,8	27,2	25,3		
	Борон рН	36,5	29,2	26,0		
Расчетная (3,5 т/га) – $N_{90}P_{80}K_{62}$	Контроль	39,4	32,3	29,1	34,1	
	Все включено	40,6	31,6	28,5		
	Борон рН	42,1	32,9	30,2		
НСП, С = 2,20		36,4	29,3	26,8	НСП = 2,84	

Подвижный калий

Наибольшее содержание подвижных форм калия в 0–30 см слое чернозема выщелоченного было зафиксировано на варианте с расчетной дозой минеральных удобрений на планируемую урожайность 3,5 т/га $N_{90}P_{80}K_{62}$ – 247 мг/кг, что по отношению к изучаемым вариантам внесения удобрений является несущественным (3–7 мг/кг почвы), разница по отношению к контрольному варианту была достоверна – 12 мг/кг почвы (таблица 3).

Варианты применения коплёных микроудобрений в среднем на фоне минерального питания и сроков отбора почвенных образцов не оказали существенного влияния на повышение элемента в слое 0–30 см почвы, по сравнению с контролем изучаемые варианты оказались несущественно ниже, и на 1–4 мг/кг почвы.

От фазы бутонизации к фазе полной спелости, как и в предыдущих двух случаях, наблюдалось снижение элемента в слое 0–30 см чернозема выщелоченного на 12–44 с достижением минимального значения к фазе полной спелости.

По результатам исследований А. Н. Есаулко и др. [5] были ранее представлены материалы исследований по эффективности применения комплексных микроудобрений на различных фонах минерального питания при возделывании гибрида Арис в зоне неустойчивого увлажнения Центрального Предкавказья за 2021–2022 гг. Однако ранее в исследованиях не был проведен дис-

персионный анализ влияния минеральных и микроудобрений на динамику содержания макроэлементов в 0–30 см слое чернозема выщелоченного при возделывании подсолнечника гибрида Арис.

Урожайность

Изучаемые в опыте дозы минеральных удобрений и комплексные микроудобрения оказали в целом положительное воздействие на уровень урожайности подсолнечника гибрида Арис (таблица 4).

Варианты применения минеральных удобрений существенно увеличивали урожайность маслосемян подсолнечника, и разница средних данных относительно контрольного варианта составила от 0,67 до 1,48 т/га. Все изученные в опыте инновационные микроудобрения достоверно повышали уровень урожайности культуры на 0,37–0,47 т/га по отношению к контрольному варианту, а максимальную продуктивность подсолнечника обеспечило применение микроудобрения «Борон рН», существенно превышающее изучаемые варианты микроудобрений. Планируемый уровень урожайности гибрида подсолнечника Арис 3,5 т/га был достигнут на одном варианте, при применении микроудобрения «Борон рН», а максимальная урожайность была получена на варианте с внесением расчетной дозы минеральных удобрений $N_{90}P_{80}K_{62}$ + «Борон рН» и составила 3,57 т/га.

Таблица 3 – Влияние минеральных и микроудобрений на динамику содержания подвижного калия (мг/кг) в слое 0–30 см чернозема выщелоченного, среднее за 2021–2023 гг.

Table 3 – Influence of mineral and micronutrients on the dynamics of mobile potassium content (mg/kg) in a layer of 0–30 cm of leached chernozem, average for 2021–2023

Доза минеральных удобрений (А)	Микроудобрения (В)	Срок отбора, С			НСР, А = 8,4	НСР, В = 8,0
		Бутонизация	Цветение	Полная спелость		
Контроль (без удобрений)	Контроль	258	223	218	235	243
	Все включено	268	235	222		242
	Борон рН	250	225	214		239
Рекомендованная $N_{60}P_{70}K_{40}$	Контроль	269	230	226	240	
	Все включено	276	228	210		
	Борон рН	274	230	220		
Расчетная (2,5 т/га) $N_{74}P_{64}K_{48}$	Контроль	273	240	232	244	
	Все включено	280	230	219		
	Борон рН	274	232	218		
Расчетная (3,5 т/га) $N_{90}P_{80}K_{62}$	Контроль	288	242	224	247	
	Все включено	292	231	216		
	Борон рН	294	226	210		
НСР, С = 18,2		275	231	219	НСР = 22,8	

Таблица 4 – Урожайность подсолнечника (т/га) в зависимости от применяемых минеральных и микроудобрений, среднее за 2021–2023 гг.**Table 4** – Sunflower yield (t/ha), depending on the applied mineral and micro fertilizers, wed 2021–2023

Доза минеральных удобрений (фактор А)	Микроудобрения (фактор В)	Урожайность, т/га	Прибавка урожая,	
			т/га	%
Контроль (без удобрений)	Контроль (без удобрений)	1,66	–	–
	Все включено	1,92	0,26	16
	Борон рН	2,03	0,37	22
Рекомендованная – N ₆₀ P ₇₀ K ₄₀	Контроль (без удобрений)	2,18	–	–
	Все включено	2,79	0,61	28
	Борон рН	2,66	0,48	22
Расчетная (2,5 т/га) – N ₇₄ P ₆₄ K ₄₈	Контроль (без удобрений)	2,51	–	–
	Все включено	2,91	0,40	16
	Борон рН	3,10	0,59	23
Расчетная (3,5 т/га) – N ₉₀ P ₈₀ K ₆₂	Контроль (без удобрений)	3,13	–	–
	Все включено	3,36	0,23	7
	Борон рН	3,57	0,44	14
НСР ₀₅ фактор А		0,162	–	–
НСР ₀₅ фактор В		0,124	–	–
НСР ₀₅ взаимодействие АВ		0,224	–	–

Наибольшая средняя урожайность маслосемян подсолнечника сформирована на фоне минерального питания при применении расчетной дозы на планируемую урожайность 3,5 т/га N₉₀P₈₀K₆₂ – 3,35 т/га.

Применение в опыте комплексных микроудобрений «Все включено» и «Борон рН» оказало положительное влияние на урожайность маслосемян подсолнечника, существенно увеличив значения урожайности по отношению к контрольному варианту на 0,37–0,47 т/га (16–20 % по отношению к контролю).

На варианте применения расчетной дозы минеральных удобрений на планируемую урожайность 2,5 т/га N₇₄P₆₄K₄₈ была достигнута планируемая урожайность подсолнечника на фоне всех изучаемых микроудобрений (Все включено и Борон рН), способствуя получению урожайности от 2,51 до 3,10 т/га.

Без применения микроудобрений дозы минеральных удобрений, изучаемые в опыте, по сравнению с контрольным вариантом повышали показатель урожайности подсолнечника существенно, на 0,5–1,47 т/га. Применение инновационного комплексного микроудобрения «Все включено» на всех изучаемых фонах минерального питания по отношению к контрольному варианту существенно повышало урожайность маслосемян

подсолнечника, на 0,26–0,61 т/га. Микроудобрение «Борон рН» существенно увеличило уровень урожайности подсолнечника на расчетных системах удобрения (на планируемую урожайность 2,5 т/га – N₇₄P₆₄K₄₈ и на планируемую урожайность 3,5 т/га – N₉₀P₈₀K₆₂) относительно показателей контрольного варианта на 0,37–0,59 т/га. На контрольном варианте прибавка урожайности маслосемян подсолнечника при применении микроудобрения «Борон рН» оказалась незначительна, относительно варианта с применением комплексного микроудобрения «Все включено» увеличивала показатель урожайности маслосемян подсолнечника на 0,11 т/га. Тогда как на варианте применения рекомендованной дозы минеральных удобрений N₆₀P₇₀K₄₀ существенную прибавку урожайности обеспечило применение микроудобрения «Все включено», превышая показатели урожайности подсолнечника изучаемых фонов питания на 0,13–0,61 т/га. Максимальный показатель урожайности маслосемян подсолнечника в опыте достигнут при применении расчетной дозы минеральных удобрений на 3,5 т/га – N₉₀P₈₀K₆₂ с двукратным применением микроудобрения «Борон рН» в фазы 4–5 пар настоящих листьев и формирование корзинки – 3,57 т/га.

Заключение

В данной статье представлены результаты дисперсионного анализа влияния минеральных и микроудобрений на урожайность подсолнечника гибрида Арис и динамику содержания макроэлементов в 0–30 см слое чернозема выщелоченного. По итогам проведенного исследования было установлено, что максимальное в опыте среднее накопление нитратного азота в 0–30 см слое почвы чернозема выщелоченного наблюдали на варианте при расчетной дозе минеральных удобрений (3,5 т/га) $N_{90}P_{80}K_{62}$ – 17,5 мг/кг почвы. Максимальное содержание элемента в почве было отмечено на варианте с дозой минеральных удобрений на планируемую урожайность 3,5 т/га $N_{90}P_{80}K_{62}$ – 34,1 т/га, что существенно выше исследуемых вариантов на 2,0–6,8 т/га. Максимальный показатель содержания подвижных форм калия в 0–30 см слое чернозема выщелоченного отмечено на варианте приме-

нения расчетной дозы минеральных удобрений на планируемую урожайность 3,5 т/га $N_{90}P_{80}K_{62}$ – 247 мг/кг, что несущественно превышало изучаемые варианты внесения удобрений (3–7 мг/кг почвы), разница по отношению к контрольному варианту была достоверна – 12 мг/кг почвы.

Наиболее высокоэффективным в опыте оказался фон минерального питания с внесением расчетной дозы минеральных удобрений на планируемую урожайность подсолнечника 3,5 т/га $N_{90}P_{80}K_{62}$, при применении микроудобрения «Борон рН», на котором удалось за исследуемый период (2021–2023 гг.) получить максимальную урожайность подсолнечника – 3,57 т/га, достоверно превышающую изучаемые варианты на 0,21–1,91 т/га. Удалось достигнуть планируемую урожайность подсолнечника на всех вариантах изучаемых микроудобрений при применении расчетной дозы минеральных удобрений на планируемую урожайность подсолнечника 2,5 т/га $N_{74}P_{64}K_{48}$.

Вклад авторов

М. К. Р. Аль-Аттафи: проведение исследования, создание черновика рукописи.

А. Н. Есаулко: руководство исследованием.

А. С. Котова: администрирование, написание и создание рукописи и ее редактирование.

Конфликт интересов

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Contribution

M. K. R. Al-Attafi: investigation, writing – original draft.

A. N. Yesaulko: project administration.

A. S. Kotova: supervision, writing – review & editing.

Список литературы / References

1. Ващенко А.В., Каменев Р.А., Солодовников А.П., Жук Е.А. Применение минеральных удобрений и бактериальных препаратов под подсолнечник на черноземе обыкновенном. *Аграрный научный журнал*. 2020;1:4–8. <https://doi.org/10.28983/asj.y2020i1pp4-8>
Vashchenko A.V., Kamenev R.A., Solodovnikov A.P., Zhuk E.A. Application of mineral fertilizers and bacterial preparations under sunflower on ordinary chernozem. *The Agrarian Scientific Journal*. 2020;1:4–8. (In Russ.). <https://doi.org/10.28983/asj.y2020i1pp4-8>
2. Кадыров С.В., Силин А.В. Урожай и качество маслосемян подсолнечника в зависимости от применения фунгицидов, стимуляторов роста и микроудобрений. *Вестник Воронежского государственного аграрного университета*. 2015;2-4(47):19–25.
Kadyrov S.V., Silyn A.V. Yield and quality of sunflower oil seeds depending on the use of fungicides, growth stimulants and microfertilizers. *Bulletin of the Voronezh State Agrarian University*. 2015;2-4(47):19–25. (In Russ.).
3. Иванова О.М., Ерофеев С.А., Ветрова С.В., Макаров М.Р. Влияние удобрений на урожайность и качество урожая подсолнечника сорта Спартак селекции Тамбовского НИИСХ. *Масличные культуры*. 2020;3(183):92–98. <https://doi.org/10.25230/2412-608X-2020-3-183-92-98>
Ivanova O.M., Erofeev S.A., Vetrova S.V., Makarov M.R. Fertilizers influence on yield and yield quality of sunflower variety spartak bred in tambov research institute of agriculture. *Oil Crops*. 2020;3(183):92–98. (In Russ.). <https://doi.org/10.25230/2412-608X-2020-3-183-92-98>

4. Левшаков Л.В., Пироженко В.В. Эффективность возделывания подсолнечника на зональных почвах Центрального Черноземья с дефицитом серы. *Достижения науки и техники АПК*. 2023;37(2):28–33. https://doi.org/10.53859/02352451_2023_37_2_28
Levshakov L.V., Pyrozhenko V.V. The effectiveness of sunflower cultivation on zonal soils of the Central Black Earth with a sulfur deficiency. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2023;37(2):28–33. (In Russ.). https://doi.org/10.53859/02352451_2023_37_2_28
5. Есаулко А.Н., Котова А.С., Аль-Аттафи М.К.Р. и др. Оптимизация минерального питания подсолнечника в условиях Центрального Предкавказья. *Плодородие*. 2022;6(129):12–14. <https://doi.org/10.25680/S19948603.2022.129.03>
Esaulko A.N., Kotova A.S., Al-Attafi M.K.R. et al. Optimization of mineral nutrition of sunflower in the conditions of the Central Precaucasia. *Plodorodie*. 2022;6(129):12–14. (In Russ.). <https://doi.org/10.25680/S19948603.2022.129.03>
6. Никифорова С.А. Влияние макро- и микроудобрений и биостимулятора на продуктивность и качество маслосемян подсолнечника. *Вестник Казанского государственного аграрного университета*. 2022;4(68):32–38. <https://doi.org/10.12737/2073-0462-2023-32-38>
Nikiforova S.A. Influence of macro- and microfertilizers and biostimulator on the productivity and quality of sunflower seed oil. *Vestnik of Kazan State Agrarian University*. 2022;4(68):32–38. (In Russ.). <https://doi.org/10.12737/2073-0462-2023-32-38>
7. Стулин А.Ф., Стахурлова Л.Д. Продуктивность подсолнечника на черноземах выщелоченных в длительном опыте с удобрениями. *Российская сельскохозяйственная наука*. 2020;2:39–43. <https://doi.org/10.31857/S2500-2627-2020-2-39-43>
Stulin A.F., Stahurlova L.D. Sunflower productivity on leached chernozems in long-term experience with fertilizers. *Russian Agricultural Science*. 2020;2:39–43. (In Russ.). <https://doi.org/10.31857/S2500-2627-2020-2-39-43>
8. Ханиева И.М., Бозиев А.Л., Кашукоев М.В. и др. Влияние отечественных жидких органоминеральных удобрений на урожайность и качественные показатели гибридов подсолнечника. *Вестник российской сельскохозяйственной науки*. 2023;4:25–28. <https://doi.org/10.31857/2500-2082/2023/4/25-28>
Khanliyeva I.M., Bozиеv A.L., Kashukoev M.V. et al. Influence of domestic liquid organic and mineral fertilizers on yield and quality indicators of sunflower hybrids. *Vestnik of the Russian Agricultural Science*. 2023;4:25–28. (In Russ.). <https://doi.org/10.31857/2500-2082/2023/4/25-28>
9. Аль-Аттафи М.К.Р., Есаулко А.Н., Котова А.С. Влияние макро- и микроудобрений на планируемую урожайность и продуктивность маслосемян подсолнечника на черноземе выщелоченном. *International Agricultural Journal*. 2024;67(6).
Al-Attafi M.K.R., Esaulko A.N., Kotova A.S. Influence of macro- and microfertilizers on the planned yield and productivity of sunflower oilseeds on leached chernozem. *International Agricultural Journal*. 2024;67(6). (In Russ.).
10. Цыкалов А.Н., Кравченко В.А., Сотников Б.А., Кравченко А.Л. Урожайность подсолнечника в зависимости от применения микроудобрений. *Агропромышленные технологии Центральной России*. 2023;1(27):115–121. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2023-27-115-1>
Tsykalov A.N., Kravchenko V.A., Sotnikov B.A., Kravchenko A.L. Sunflower yield depending on the application of micronutrients. *Agro-Industrial Technologies of Central Russia Magazine*. 2023;1(27):115–121. (In Russ.). <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2023-27-115-1>
11. Чамурлиев О.Г., Сидоров А.Н., Холод А.А., Чамурлиев Г.О. Изучение эффективности минеральных удобрений на подсолнечнике в открытом грунте при орошении в условиях Волгоградской области. *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование*. 2022;4(68):69–76. <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2022-04-08>
Chamurliев O.G., Sidorov A.N., Kholod A.A., Chamurliев G.O. Studying the efficiency of mineral fertilizers on sunflower in open ground under irrigation under the conditions of the volgograd region. *Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and higher professional education*. 2022;4(68):69–76. (In Russ.). <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2022-04-08>

12. Пестерева Е.С., Павлова С.А., Захарова Г.Е., Свинобоев М.М. Урожайность и питательная ценность подсолнечника и его смесей в условиях Центральной Якутии. *Международный сельскохозяйственный журнал*. 2020;5(377):28–30. <https://doi.org/10.24411/2587-6740-2020-15086>
Pestereva E.S., Pavlova S.A., Zakharova G.E., Svinoboev M.M. Productivity and nutritional value of sunflower and its mixtures in Central Yakutia. *International Agricultural Journal*. 2020;5(377):28–30. (In Russ.). <https://doi.org/10.24411/2587-6740-2020-15086>
13. Nouraein M., Bakhtiarzadeh R., Janmohammadi M., Mohammadzadeh M., Sabaghnia N. The Effects of Micronutrient and Organic Fertilizers on Yield and Growth Characteristics of Sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Helia*. 2019;42(71):249–64. <https://doi.org/10.1515/helia-2019-0015>
14. Солодовников А.П., Сафонов Е.В., Гурина И.В. и др. Агробиологические и агрохимические аспекты повышения урожайности гибридов подсолнечника в Саратовском Заволжье. *Аграрный научный журнал*. 2023;5:41–46. <https://doi.org/10.28983/asj.y2023i5pp41-46>
Solodovnikov A.P., Safonov E.V., Guryina I.V. et al. Agrobiological and agrochemical aspects of increasing the yield of sunflower hybrids in the Saratov Trans-Volga region. *The Agrarian Scientific Journal*. 2023;5:41–46. (In Russ.). <https://doi.org/10.28983/asj.y2023i5pp41-46>
15. Tishkov N.M., Tilba V.A., Makhonin V.L., Shkarupa M.V. Effect of the growth regulator ORGA-NOSTIM on sunflower productivity in the conditions of the central climatic area of the Krasnodar region. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2022;1045(1):012–109. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1045/1/012109>
16. Crista F., Radulov I., Imbrea F. et al. The Study of the Impact of Complex Foliar Fertilization on the Yield and Quality of Sunflower Seeds (*Helianthus annuus* L.) by Principal Component Analysis. *Agronomy*. 2023;139(8):2074. <https://doi.org/10.3390/agronomy13082074>
17. Сыщиков Д.В., Приходько С.А., Удодов И.А., Агурова И.В. Выявление эффективности внекорневого применения жидких комплексных микроудобрений на рост и развитие подсолнечника однолетнего. *Промышленная ботаника*. 2021;21(4):45–48.
Syshchikov D.V., Prykhodko S.A., Udodov I.A., Agurova I.V. Identification of the efficiency of non-root application of liquid complex fertilizers on the growth and development of sunflower. *Industrial Botany*. 2021;21(4):45–48. (In Russ.).
18. Tsykalov A., Kravchenko V., Sotnikov B., Dubrovina O. Sunflower Yield Depending on the Application of Micronutrients. *Agricultural Science Digest*. 2024;44(4):684–687. <https://doi.org/10.18805/ag.df-600>
19. Субботин А.Г., Дружкин А.Ф., Солодовников А.П. и др. Урожайность гибридов подсолнечника на различных фонах минерального питания в засушливых условиях Нижнего Поволжья. *Аграрный научный журнал*. 2020;10:66–70. <https://doi.org/10.28983/asj.y2020i10pp66-70>
Subbotyn A.G., Druzhkin A.F., Solodovnikov A.P. et al. Productivity of sunflower hybrids in terms of different mineral nutrition in arid conditions of the lower Volga region. *Agrarian Scientific Journal*. 2020;10:66–70. (In Russ.). <https://doi.org/10.28983/asj.y2020i10pp66-70>
20. Иванова О.М., Ерофеев С.А., Ветрова С.В., Макаров М.Р. Эффективность удобрения под подсолнечник на черноземе типичном Тамбовской области. *Масличные культуры*. 2021;3(187):29–34. <https://doi.org/10.25230/2412-608X-2021-3-187-29-34>
Ivanova O.M., Erofeev S.A., Vetrova S.V., Makarov M.R. The effectiveness of fertilizer for sunflower on typical black soil of the Tambov region *Oil Crops*. 2021;3(187):29–34. (In Russ.). <https://doi.org/10.25230/2412-608X-2021-3-187-29-34>
21. Сычев В.Г., Есаулко А.Н., Агеев В.В., Подколзин А.И., Сигида М.С. Особенности применения систем удобрений под сельскохозяйственные культуры в Ставропольском крае. *Вестник АПК Ставрополья*. 2015;S2:53–66.
Sychev V.G., Esaulko A.N., Ageev V.V., Podkolzin A.I., Sigida M.S. Features of application of systems of fertilizers for agricultural crops in Stavropol region. *Agricultural Bulletin of Stavropol Region*. 2015;S2:53–66.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Аль-Аттафи Мохаммед Касим Раджаб – аспирант кафедры агрохимии и физиологии растений, Ставропольский государственный аграрный университет, г. Ставрополь, Россия
<https://orcid.org/0009-0006-9451-4951>
SPIN-код: [2116-9301](https://orcid.org/0009-0006-9451-4951)
alattafi@yandex.ru

Есаулко Александр Николаевич – доктор сельскохозяйственных наук, профессор РАН, директор института агробиологии и природных ресурсов, профессор кафедры агрохимии и физиологии растений, Ставропольский государственный аграрный университет, г. Ставрополь, Россия
<https://orcid.org/0000-0003-0441-9055>
SPIN-код: [5497-6339](https://orcid.org/0000-0003-0441-9055)
aesaulko@yandex.ru

Котова Арина Сергеевна – ассистент кафедры агрохимии и физиологии растений, Ставропольский государственный аграрный университет, г. Ставрополь, Россия
<https://orcid.org/0000-0002-8665-6873>
SPIN-код: [8007-4246](https://orcid.org/0000-0002-8665-6873)
avroraledi@mail.ru

ABOUT THE AUTHORS

Mohammed K. R. Al-Attafi – Postgraduate student, Department of Agrochemistry and Plant Physiology, Stavropol State Agrarian University, Stavropol, Russia
<https://orcid.org/0009-0006-9451-4951>
alattafi@yandex.ru

Aleksandr N. Esaulko – Dr. Sci. (Agric.), Prof. RAS, Director Institute of Agrobiology and Natural Resources, Prof. Department of Agrochemistry and Plant Physiology, Stavropol State Agrarian University, Stavropol, Russia
<https://orcid.org/0000-0003-0441-9055>
aesaulko@yandex.ru

Arina S. Kotova – Assist., Department of Agrochemistry and Plant Physiology, Stavropol State Agrarian University, Stavropol, Russia
<https://orcid.org/0000-0002-8665-6873>
avroraledi@mail.ru

© Аль-Аттафи М. К. Р., Есаулко А. Н., Котова А. С., 2025

Аграрный вестник Северного Кавказа / Agrarian Bulletin of the North Caucasus

Журнал «Вестник АПК Ставрополя» / Bulletin 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.

Издатель ФГБОУ ВО Ставропольский ГАУ
г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, 12.

Публикуется в авторской редакции.

Подписано в печать 26.06.2025. Дата выхода в свет 30.06.2025.
Формат 60x84¹/₈. Бумага офсетная. Гарнитура «Verdana». Печать офсетная.
Усл. печ. л. 9,77. Тираж 300 экз. Заказ № 290.

Отпечатано в типографии ИПК СтГАУ «АГРУС», г. Ставрополь, ул. Пушкина, 15.

СВОБОДНАЯ ЦЕНА

ISSN 2949-4796

