ISSN 2949-4796

Agrarian Bulletin of the North Caucasus

АГРАРНЫЙ ВЕСТНИК СЕВЕРНОГО КАВКАЗА

Том Vol. 15 № No 3/2025

Ставропольскому государственному аграрному университету – 95 лет!

On the 95th Anniversary of Stavropol State Agrarian University

УВАЖАЕМЫЕ КОЛЛЕГИ!

«95 лет исследуем, вдохновляем и создаем» – с этим девизом Ставропольский государственный аграрный университет продолжает свою работу и участие в развитии агропромышленного комплекса в соответствии с задачами федерального центра и региона.

За почти вековую историю Ставропольский ГАУ прошел большой путь, став одним из ведущих центров аграрной науки, образования и инноваций в России. Сегодня университет находится в мощной фазе своего развития с точки зрения организации и проведения научных исследований, образования, инфраструктуры, создания условий для ученых и молодежи.

История и будущее университета – это, прежде всего, его люди: преподаватели, научные работники, сотрудники и ветераны, студенты, слушатели, аспиранты и выпускники. Многие из них уже внесли свой вклад, а другие продолжают писать яркие строки в общую книгу истории становления и развития альма-матер. Именно труды этих талантливых исследователей, как и работы наших коллег из ведущих научных центров, регулярно находят свое отражение на страницах нашего журнала, делая его важнейшей площадкой для профессионального диалога и обмена знаниями.

Перед тем как журнал «Аграрный вестник Северного Кавказа» увидит свет, происходит интенсивная и детальная работа всей команды: от редакторов до членов редакционного совета и независимых экспертов-рецензентов. Это – важная и ответственная работа.

Желаем журналу «Аграрный вестник Северного Кавказа», его команде, рецензентам, авторам и читателям дальнейшего процветания, неизменно высоких научных стандартов и обеспечения вклада в технологическое лидерство агропромышленного комплекса. Пусть издание и впредь остается востребованной площадкой для обмена научными идеями и результатами прорывных исследований.

С уважением,
В. Н. Ситников,
ректор Ставропольского государственного аграрного университета

DEAR COLLEAGUES!

Guided by the motto, «95 Years: Researching, Inspiring, and Innovating», Stavropol State Agrarian University continues to fulfil its mission and contribute to the advancement of the agricultural sector, aligning with the strategic objectives set forth by both the federal and regional authorities.

Throughout its near-century of history, Stavropol State Agrarian University has traversed a remarkable path, evolving into one of Russia's preeminent centers for agricultural science, education, and innovation. The university is currently experiencing a period of dynamic growth, characterized by significant advancements in the organization and execution of scientific research, educational programs, infrastructure, and the cultivation of an environment conducive to the work of our scholars and the development of our youth.

The legacy and the future of the university are embodied above all in its people: our faculty, researchers, administrative staff, veterans, students, trainees, postgraduates, and esteemed alumni. While many have already inscribed their indelible contributions, others are now composing brilliant new passages in the ongoing narrative of our alma mater's evolution. The scholarly endeavors of these talented investigators, alongside the work of our colleagues from leading scientific centers, are consistently reflected within the pages of our journal, cementing its role as a premier forum for professional discourse and the exchange of knowledge.

Prior to the publication of each issue of «Agrarian Bulletin of the North Caucasus», a rigorous and meticulous process is undertaken by our entire team—from the editors to the editorial board members and our independent peer reviewers. This constitutes a duty of critical importance and profound responsibility.

It is our sincerest wish that «Agrarian Bulletin of the North Caucasus», along with its team, reviewers, authors, and readership, continues to flourish. May it uphold the highest scientific standards and further its vital contribution to the technological leadership of the agricultural sector. We are confident that the journal will remain an indispensable venue for the dissemination of scientific ideas and the fruits of transformative research.

With respect,
Vladimir Sitnikov
Rector of Stavropol State Agrarian University

Аграрный Вестник Северного Кавказа

Том 15. № 3/2025

Периодичность издания — 4 номера в год

ISSN 2949-4796

Agrarian Bulletin of the North Caucasus

Vol. 15. No 3/2025

The publication is released quarterly

ISSN 2949-4796

УЧРЕДИТЕЛЬ:
ФГБОУ ВО Ставропольский государственный аграрный университет

ТЕРРИТОРИЯ РАСПРОСТРАНЕНИЯ:
Российская Федерация, зарубежные страны

АДРЕС: 355017, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, 12

ТЕЛ. +7 (906) 479-05-79

ЭЛ. ПОЧТА: vapk@stgau.ru
ОФИЦИАЛЬНЫЙ САЙТ УЧРЕДИТЕЛЯ: www.stgau.ru
ОФИЦИАЛЬНЫЙ САЙТ РЕДАКЦИИ: www.vapk26.ru

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

ТИРАЖ: 300 экз.
Индекс журнала в Объединенном каталоге. «ПРЕССА РОССИИ». Газеты и журналы: Э83308

FOUNDER:
Stavropol State Agrarian University

AREA DISTRIBUTION:
Russia and other countries

ADDRESS: 355017, Stavropol, Zootechnical Lane, 12

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

E-MAIL: vapk@stgau.ru
FOUNDER WEBSITE: www.stgau.ru
JOURNAL WEBSITE: www.vapk26.ru

The Journal is registered by the Federal Service for Supervision in the Sphere of Communication, Information Technologies and Mass Media. The Mass Media Registration Certificate PI № FS77-85520 July 11, 2023

CIRCULATION: 300 copies
Index of the subscription to the Combined Catalog. «PRESS OF RUSSIA». Newspapers and journals: E83308

Аграрный Вестник Северного Кавказа

Научный рецензируемый журнал

Аграрный вестник Северного Кавказа является рецензируемым научным журналом открытого доступа.

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

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

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

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

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

Является членом Ассоциации научных редакторов и издателей (АНРИ) и Agricultural Research Information System (AGRIS).
Зарегистрирован в перечне Высшей аттестационной комиссии рецензируемых научных изданий (Категория 2).
Индексируется и архивируется в Российском индексе научного цитирования (РИНЦ).

Agrarian Bulletin of the North Caucasus

Peer-Reviewed Scientific Journal

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

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

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

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

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

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

The journal is a member of Association of Scientific Editors and Publishers (ASEP) and Agricultural Research Information System (AGRIS).
The journal is registered in the list of the Higher Attestation Commission of peer-reviewed scientific publications (Category 2).
Indexed and archived in the Russian Index Science Citation.

Патология, морфология, физиология, фармакология и токсикология животных

Частная зоотехния и технологии кормления

Разведение, селекция, генетика и биотехнология животных

Агрохимия, агропочвоведение, защита растений

Селекция, генетика агрокультур

Animal Pathology, Morphology, Physiology, Pharmacology and Toxicology

Animal Breeding, Selection, Genetics and Biotechnology

Animal Breeding, Selection, Genetics and Biotechnology

Agrochemistry, Agro-Soil Science, Plant Protection

Crop Selection and Genetics

Исследовательская статья

УДК 636:612.32:636.087.7

https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-3-8-22

Оптимизация рубцового пищеварения у коров с использованием кормовой добавки NCG-N-карбамил глутамат

КОРРЕСПОНДЕНЦИЯ:
Евгений Михайлович Цыганков
E-mail: e-tsygankov@bk.ru

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:
Цыганков Е.М., Менькова А.А. Оптимизация рубцового пищеварения у коров с использованием кормовой добавки NCG-N-карбамил глутамат. *Аграрный вестник Северного Кавказа.* 2025;15(3):8-22. https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-3-8-22 EDN XEHLUG

ПОСТУПИЛА: 02.07.2025
ДОРАБОТАНА: 13.08.2025
ПРИНЯТА: 13.09.2025

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ:
авторы сообщают об отсутствии конфликта интересов.

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

Е.М. Цыганков ✉, А.А. Менькова

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

АННОТАЦИЯ

ВВЕДЕНИЕ. Полноценное питание животных является основным условием для протекания обменных процессов и создания высокой продуктивности животных. Большая часть животноводческих предприятий за основу в кормовом рационе берут значительное количество концентратов, что может негативно сказываться на работе пищеварительной системы и снижать усвояемость питательных веществ. В связи с этим возникает необходимость в применении кормовых добавок, способствующих повышению высвобождения питательных компонентов рациона.

ЦЕЛЬ. Изучить влияние скармливания кормовой добавки NCG-N-карбамил глутамат на показатели рубцового пищеварения лактирующих коров.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Объектом для исследований служили лактирующие коровы голштинизированной черно-пестрой породы 3-й лактации. Группы животных формировались по методу пар-аналогов. В течение 10 месяцев опытной группе (n = 5) в дерть концентратов добавлялась кормовая добавка NCG-N-карбамил глутамат в дозе 20 г на голову в сутки. Через 3 часа после кормления при помощи пищеводного зонта отбирали рубцовое содержимое. Видовую, функциональную динамику, показатели азотистых веществ, летучих жирных кислот определяли согласно принятым методикам проведения лабораторных исследований.

РЕЗУЛЬТАТЫ. За опытные периоды нами установлено достоверное увеличение количества инфузорий с 6,47 до 15,06 %, бактерий с 7,40 до 18,75 %, амилолитической активности с 7,50 до 18,83 %, протеолитической активности с 5,80 до 9,30 %, аммиака с 5,40 до 12,00 %, белкового азота с 7,88 до 17,09 %. Отмечалось достоверное снижение небелкового азота с 5,52 до 20,53 %.

ВЫВОДЫ. Скармливание кормовой добавки оказывало повышение популяций микроорганизмов, их ферментативной активности, что способствовало непрерывному катаболизму питательных веществ корма, их накоплению и использованию в анаболических целях.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: лактирующие коровы, кормовая добавка, инфузории, бактерии, амилолитическая активность, протеолитическая активность, аммиак, небелковый азот, летучие жирные кислоты

Research article

https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-3-8-22

Optimization of Ruminal Digestion in Cows Using the Feed Additive NCG-N Carbomyl Glutamate

CORRESPONDENCE:
Evgeny M. Tsygankov
E-mail: e-tsygankov@bk.ru

FOR CITATION:
Tsygankov E.M., Menkova A.A. Optimization of Ruminal Digestion in Cows Using the Feed Additive NCG-N Carbomyl Glutamate. *Agrarian Bulletin of the North Caucasus.* 2025;15(3):8-22. https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-3-8-22 EDN XEHLUG

RECEIVED: 02.07.2025
REVISED: 13.08.2025
ACCEPTED: 13.09.2025

DECLARATION OF COMPETING INTEREST:
none declared.

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

Evgeny M. Tsygankov ✉, Anna A. Menkova

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

ABSTRACT

INTRODUCTION. Complete nutrition of animals is the main condition for the flow of metabolic processes and the creation of high productivity of animals. Most livestock enterprises use a significant amount of concentrates as the basis for the feed ration, which can negatively affect the functioning of the digestive system and reduce the digestibility of nutrients. In this regard, there is a need to use feed additives that promote an increase in the release of nutritional components of the diet.

AIM. To study the effect of feeding the feed additive NCG-N-carbamyl glutamate on the indices of rumen digestion in lactating cows.

MATERIALS AND METHODS. The object of the study was lactating cows of the Holsteinized black-and-white breed of the 3rd lactation. Animal groups were formed using the pair-analog method. For 10 months, the experimental group (n=5) was supplemented with the feed additive NCG-N-carbamyl glutamate in a dose of 20 g per head per day. Three hours after feeding, the rumen contents were collected using an esophageal umbrella. Species, functional dynamics, indicators of nitrogenous substances, volatile fatty acids were determined according to the accepted methods of conducting laboratory studies.

RESULTS. During the experimental periods, we established a reliable increase in the number of ciliates from 6.47 to 15.06 %, bacteria from 7.40 to 18.75 %, amylolytic activity from 7.50 to 18.83 %, proteolytic activity from 5.80 to 9.30 %, ammonia from 5.40 to 12.00 %, protein nitrogen from 7.88 to 17.09 %. A reliable decrease in non-protein nitrogen was noted from 5.52 to 20.53 %.

CONCLUSIONS. Feeding the feed additive resulted in an increase in the population of microorganisms, their enzymatic activity, which contributed to the continuous catabolism of feed nutrients, their accumulation and use for anabolic purposes.

KEYWORDS: lactating cows, feed additive, ciliates, bacteria, amylolytic activity, proteolytic activity, ammonia, non-protein nitrogen, volatile fatty acids

ВВЕДЕНИЕ

Одним из основных показателей, определяющих рентабельность и эффективность использования животноводческой отрасли является кормовой фактор. С увеличением продуктивности животных возрастают требования к качеству и питательности кормов, что влияет на количество их потребления животными [1]. Анализируя современные исследования по рациональному использованию белка в различных отраслях науки, можно сформировать ряд направлений, по которым наиболее эффективно разрешается проблема кормового протеина, в том числе широкое использование небелковых азотистых соединений в кормлении крупного рогатого скота [2; 3]. Обеспеченность высокопродуктивных животных в протеине имеет большое значение в системе полноценного кормления. За рубежом и в нашей стране в последние годы особое внимание уделяется вопросам протеинового питания жвачных животных [4; 5]. Это обусловлено тем, что дефицит кормового белка остается нерешенной проблемой в кормлении животных. Немаловажное значение наряду с увеличением производства качественных белковых кормов имеет разработка способов повышения эффективности их использования. Научные исследования показали, что решение вопросов рационального питания жвачных животных невозможно без знания процессов распада кормового протеина и синтеза микробного белка в рубце [6–8].

Активность рубцовой жидкости связана с процессами пищеварения жвачных животных. В состав рубцовой жидкости входит слюна, вода, аминокислоты, липиды, мочевина, грубый остаток корма, видовое разнообразие микроорганизмов [10–12]. Известно, что процесс распада азотистых соединений в рубце жвачных животных происходит за счет ферментативных процессов микроорганизмов. Сначала белки гидролизуются и расщепляются до аминокислот [13–15]. Затем аминокислоты дезаминируются с образованием аммиака и жирных кислот. Часть аммиака используется микроорганизмами в качестве источника азота для синтеза аминокислот, в том числе тех, которых недостает в протеине кормов. Другая часть аммиака всасывается в венозную кровь, поступает в печень и превращается в мочевину, которая выделяется с мочой [16–18].

Микроорганизмы рубца способны усваивать небелковый азот, поэтому в кормлении жвачных животных можно использовать синтетические азотистые добавки. Например, часть белка в рационе можно заменить синтетической мочевиной, которая содержит до 45 % азота. В рубце синтетические азотсодержащие добавки расщепляются ферментом – уреазой, до аммиака и двуокиси углерода [18; 19].

Применение небелковых азотсодержащих одновалентных веществ в составе кормосмеси концентратов позволяет высвободить значительное количество питательных веществ рациона [20].

В литературных источниках отражено недостаточное количество научных данных о влиянии небелковых азотистых веществ на показатели рубцового пищеварения коров.

Цель научной работы заключалась в изучении влияния скармливания кормовой добавки NCG-N-карбамил глутамат на показатели рубцового пищеварения лактирующих коров.

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

Научные исследования проводились на базе племенного завода «СПК Зимницкий» Брянской области Дубровского района, Россия. По методу пар-аналогов было отобрано 10 голов голштинизированной черно-пестрой породы коров 3-й лактации (с учетом живой массы, возраста, продуктивности, срока отела). Удой за предыдущую лактацию составил более 9500 кг молока, средняя масса животных – 630 кг. Период проведения опыта: зимне-стойловый (1–7-й опытный период, 210 дней) и летне-стойловый (8–9-й опытный период, 60 дней). Рацион кормления зимне-стойлового периода состоял из сена клеверо-тимофеечного, силоса кукурузного, дерти концентратов (пшеничной, овсяной, ячменной, гороховой), жмыха подсолнечного, соли поваренной, монокальцийфосфата, премикса ПКК 60-3. Рацион летне-стойлового периода состоял из травяной резки, сена клеверо-тимофеечное, дерти концентратов (пшеничной, овсяной, ячменной, гороховой), жмыха подсолнечного, соли поваренной, монокальций-

фосфата, премикса ПКК 60-3. Рационы кормления сбалансированы по энергетической, протеиновой, минеральной и витаминной питательности и соответствовали нормам кормления ВИЖа (2018). Основные показатели питательности рациона: сухое вещество – 22,24, протеин сырой – 3765, сырая клетчатка – 130, сахар – 3016, сырой жир – 708 г. Показатели питательности рациона корректировались с учетом фаз лактации. Согласно схеме опыта, представленной в таблице 1, опытной группе в дерти концентратов скармливали кормовую добавку NCG-N-карбамил глутамат в количестве 20 грамм на голову в сутки. Продолжительность скармливания – 10 месяцев (300 дней). Учетный период – 9 месяцев (270 дней), 30 дней – подготовительный период. Система содержания – стойлово-выгульная. Поение осуществлялось вволю из автоматических поилок. Распорядок дня и зоогигиенические нормы строго соблюдались. Материалом для исследований служила рубцовая жидкость, которую отбирали при помощи пищеводного зонта, через 3 часа после утреннего кормления.

Таблица 1
Схема проведения опыта

Table 1
Scheme of the experiment

Группа	Количество животных	Условия кормления
Контрольная	5	Основной рацион (ОР)
Опытная	5	Основной рацион (ОР) + + NCG – N- карбамил глутамат 20 г на голову в сутки

Методы

В рубцовом содержимом по общепринятым методикам определяли: число бактерий и инфузорий – подсчетом в камере Горяева; pH – электрометрическим методом; амилолитическую и протеолитическую активность – фотоэлектроколориметрическим; целлюлозолитическую активность – путем проверки на способность целлюлолитической микрофлоры переваривать хлопчатобумажную нить; концентрацию аммиака – микродиффузным методом, общий азот и небелковый азот – методом Къельдаля; белковый азот – по разнице общего и небелкового азота; общее содержание летучих жирных кислот (уксусная, пропионовая, масляная) – путем титрования раствором щелочи; уксусную, пропионовую, масляную кислоты – хроматографическим методом.

Процедура исследований

Предварительно смазанный вазелиновым маслом рубцовый конец зонда вводили на корень языка и осторожно продвигали в пищевод, слегка двигая вперед и назад, чтобы вызвать у животного акт глотания. При попадании зонда в рубец ощущался запах содержимого или его вытекание. Для лучшего извлечения рубцового содержимого голову животного максимально опускали вниз, при этом массировали левую голодную ямку и подвигали зондом вперед и назад. Для исследований отбирали 100 мл рубцового содержимого в стерильную стеклянную баночку с притертой крышкой и направляли в аккредитованную лабораторию.

Характеристика кормовой добавки. Использование NCG-N-карбамил глутамат повышает эффективность утилизации аммиака в цикле мочевины (орнитиновый цикл). Таким образом повышается синтез аргинина, NO (окись азота) и полиаминов (путресцин, спермидин и спермин), что приводит к повышению продуктивности животных. Орнитиновый 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).

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 в России.

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 (±m), критерий достоверности (t) – Стьюдента, уровень вероятности разности (p).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В рубце жвачных существует множество различных микроорганизмов. Благодаря их активной деятельности питательные вещества корма подвергаются сложным превращениям, вследствие чего образуются летучие жирные кислоты, аммиак, аминокислоты, используемые организмом в процессе обмена.

Скармливание кормовой добавки лактирующим коровам отразилось на показателях рубцового пищеварения, которые представлены в таблицах 2–5.

В рубце обычно обитает огромное количество бактерий и инфузорий. Попадают они через корм, а также контактным путем. Видовой и количественный состав бактерий и инфузорий зависит от качества корма [1; 4]. В таблице 2 отражена динамика показателей микрофлоры и кислотности рубца.

Реакция среды рубца – важный показатель, который определяет состояние ферментативных процессов, образование метаболитов, их всасывание и использование в организме. За опытные периоды отмечалось снижение водородного показателя, в 1–3-й периоды – на 1,43; 4-й и 5-й – на 2,85; 6-й и 7-й – на 2,89, 8-й – на 2,94; 9-й – на 4,41 % по сравнению с контрольной группой. Можно утверждать, что колебание реакции pH взаимосвязано с поступлением в рубец легкоусвояемых углеводов (зерновые концентраты) и образованием углеводных соединений, которые напрямую связаны с синтезом молока.

Наличие в рубце большого количества инфузорий свидетельствует о нормальном и эффективном течении ферментативных процессов. Инфузории участвуют в обмене углеводов, гидролизе белков и механической обработке корма. За опытные периоды их количество изменялось в сторону достоверного увеличения: 1-й период на – 6,47; 2-й – 8,41; 3-й – 10,40; 4-й – 11,56; 5-й – 12,30; 6-й – 13,63; 7-й – 14,30; 8-й – 14,78; 9-й – 15,06 % соответственно. Данное изменение можно обосновать тем, что кормовая добавка способствовала увеличению численного состава инфузорий. В свою очередь инфузории благодаря своему активному движению создавали в рубце своеобразную микросистему, которая участвовала в разрыхлении и измельчении корма, он становился более доступным для действия бактериальных ферментов (участвующих в расщеплении крахмала и целлюлозы). Можно утверждать, что в опытной группе гидролиз белков, небелковых синтетических веществ протекал с большей пользой, чем в контрольной.

Таблица 2
Динамика показателей микрофлоры и кислотности рубца

Table 2
Dynamics of rumen microflora and acidity indicators

Показатель	Референсные значения	Группа	
		Контрольная (n = 5)	Опытная (n = 5)
Подготовительный период (до скармливания)			
pH	6,5–7,2	7,00±0,08	7,0±0,05
Количество инфузорий, тыс/мл	500–1,2 милл.	610,00±17,10	610,00±13,20
Количество бактерий, млрд/мл	–	25,00±1,00	25,00±0,50
1–й опытный период (30–е сутки после скармливания)			
pH	6,5–7,2	7,00±0,09	6,90±0,10
Количество инфузорий, тыс/мл	500–1,2 милл.	620,00±15,40	660,00±10,20*
Количество бактерий, млрд/мл	–	26,00±1,10	29,00±0,60*
2–й опытный период (60–е сутки после скармливания)			
pH	6,5–7,2	7,00±0,10	6,90±0,15
Количество инфузорий, тыс/мл	500–1,2 милл.	618,00±12,10	670,00±16,40*

Продолжение

Показатель	Референсные значения	Группа	
		Контрольная (n = 5)	Опытная (n = 5)
Количество бактерий, млрд/мл		28,00±1,10	31,00±0,60*
3-й опытный период (90-е сутки после скармливания)			
pH	6,5–7,2	7,00±0,15	6,90±0,20
Количество инфузорий, тыс/мл	500–1,2 милл.	625,00±10,85	690,00±10,00*
Количество бактерий, млрд/мл	–	30,00±1,10	33,00±0,60*
4-й опытный период (120-е сутки после скармливания)			
pH	6,5–7,2	7,00±0,20	6,80±0,15
Количество инфузорий, тыс/мл	500–1,2 милл.	631,00±11,55	704,00±14,40*
Количество бактерий, млрд/мл	–	30,00±1,40	34,00±0,80*
5-й опытный период (150-е сутки после скармливания)			
pH	6,5–7,2	7,00±0,20	6,80±0,15
Количество инфузорий, тыс/мл	500–1,2 милл.	642,00±12,35	721,00±12,40*
Количество бактерий, млрд/мл	–	31,00±1,00	35,00±0,70*
6-й опытный период (180-е сутки после скармливания)			
pH	6,5–7,2	6,90±0,50	6,70±0,85
Количество инфузорий, тыс/мл	500–1,2 милл.	660,00±14,65	750,00±13,40*
Количество бактерий, млрд/мл	–	32,00±1,20	37,00±0,80*
7-й опытный период (210-е сутки после скармливания)			
pH	6,5–7,2	6,90±0,80	6,70±0,50
Количество инфузорий, тыс/мл	500–1,2 милл.	700,00±12,35	750,00±10,40**
Количество бактерий, млрд/мл	–	32,00±1,50	37,00±0,90*
8-й опытный период (240-е сутки после скармливания)			
pH	6,5–7,2	6,80±0,50	6,60±0,70
Количество инфузорий, тыс/мл	500–1,2 милл.	710,00±10,85	815,00±15,80*
Количество бактерий, млрд/мл	–	31,00±1,00	37,00±1,10*
9-й опытный период (270-е сутки после скармливания)			
pH	6,5–7,2	6,80±0,50	6,50±0,80
Количество инфузорий, тыс/мл	500–1,2 милл.	730,00±15,85	840,00±15,00*
Количество бактерий, млрд/мл	–	32,00±1,10	38,00±1,30*

Примечание: – ($p \leq 0,05$) * ; * – ($p \leq 0,01$) **.
Note: – ($p \leq 0,05$) *; – ($p \leq 0,01$) **.

Бактерии играют важную роль в процессах пищеварения жвачных животных. Они подвергают ферментному расщеплению целлюлозу, крахмал, моносахариды, липиды, участвуют в превращении азотистых соединений. Так, количество бактерий за опытные периоды достоверно изменялась в 1-й период на 7,40; 2-й – на 10,71; 3-й – на 10,00; 4-й – на 13,33; 5-й – на 13,00; 6-й – на 15,62; 7-й – на 15,63; 8-й – на 19,35; 9-й – на 18,75 % по сравнению с контрольной группой. Данное изменение можно обосновать тем, что в опытной группе расщепление и переваривание клетчатки, растительных белков, сбраживание углеводов, синтез летучих жирных кислот и витаминов группы В протекало более ак-

тивно, в связи с чем защитные функции организма лактирующих и беременных коров были выше, чем в контрольной группе.

На функциональную активность микрофлоры рубца влияют такие факторы, как структура и питательность рациона, качество кормов и влияние окружающей среды (стрессы). Отклонение от оптимальных условий нарушает экосистему рубца, изменяет активность и состав микроорганизмов. Динамика функциональной активности рубцовой жидкости представлена в таблице 3.

Амилолитическая активность за опытные периоды изменялась в сторону достоверного увеличения, в 1-й период – на 7,50; 2-й – на 9,50; 3-й – на 10,09; 4-й – на 13,60; 5-й – на 13,75; 6-й – на 15,41; 7-й – на 15,50; 8-й – на 19,85; 9-й – на 18,83 % по сравнению с контрольной группой данного периода. Данное увеличение связано с активной деятельностью амилолитических бактерий, его можно обосновать тем, что расщепление углеводов и образование промежуточных продуктов (декстринов – мальтозы – глюкозы – летучих жирных кислот) в рубце протекало с более продуктивной пользой для животных.

Таблица 3
Динамика функциональной активности рубцовой жидкости

Table 3
Dynamics of functional activity of scar fluid

Показатель	Референсные значения	Группа	
		Контрольная (n = 5)	Опытная (n = 5)
Подготовительный период (до скармливания)			
Амилолитическая активность, е/мг	–	35,50±0,95	35,60±0,60
Целлюлолитическая активность	+ –	+	+
Протеолитическая активность, мкмоль/л	15,0–25,0	14,30±0,25	14,40±0,30
1-й опытный период (30-е сутки после скармливания)			
Амилолитическая активность, е/мг	–	36,45±6,00	39,20±3,50*
Целлюлолитическая активность	+ –	+	+
Протеолитическая активность, мкмоль/л	15,0–25,0	15,50±0,50	16,40±0,55*
2-й опытный период (60-е сутки после скармливания)			
Амилолитическая активность, е/мг	–	37,35±5,30	40,90±4,00*
Целлюлолитическая активность	+ –	+	+
Протеолитическая активность, мкмоль/л	15,0–25,0	16,84±0,80	17,90±0,90*
3-й опытный период (90-е сутки после скармливания)			
Амилолитическая активность, е/мг	–	38,15±2,60	42,00±3,00*
Целлюлолитическая активность	+ –	+	+
Протеолитическая активность, мкмоль/л	15,0–25,0	17,00±0,90	18,20±0,85*
4-й опытный период (120-е сутки после скармливания)			
Амилолитическая активность, е/мг	–	38,95±5,40	44,25±4,30*
Целлюлолитическая активность	+ –	+	+
Протеолитическая активность, мкмоль/л	15,0–25,0	17,20±0,65	18,45±0,75*

Продолжение

Показатель	Референсные значения	Группа	
		Контрольная (n = 5)	Опытная (n = 5)
5-й опытный период (150-е сутки после скармливания)			
Амилолитическая активность, е/мг	–	40,18±3,30	45,70±6,00*
Целлюлолитическая активность	+ –	+	+
Протеолитическая активность, мкмоль/л	15,0–25,0	17,55±0,80	18,90±0,90*
6-й опытный период (180-е сутки после скармливания)			
Амилолитическая активность, е/мг	–	41,20±4,30	47,55±2,50*
Целлюлолитическая активность	+ –	+	+
Протеолитическая активность, мкмоль/л	15,0–25,0	18,30±0,95	19,80±1,10*
7-й опытный период (210-е сутки после скармливания)			
Амилолитическая активность, е/мг	–	41,80±5,30	48,30±3,20*
Целлюлолитическая активность	+ –	+	+
Протеолитическая активность, мкмоль/л	15,0–25,0	19,20±0,55	21,00±1,30
8-й опытный период (270-е сутки после скармливания)			
Амилолитическая активность, е/мг	–	42,30±4,70	50,70±4,10*
Целлюлолитическая активность	+ –	+	+
Протеолитическая активность, мкмоль/л	15,0–25,0	20,00±0,40	21,95±0,60*
9-й опытный период (270-е сутки после скармливания)			
Амилолитическая активность, е/мг	–	43,10±3,10	51,00±2,45
Целлюлолитическая активность	+ –	+	+
Протеолитическая активность, мкмоль/л	15,0–25,0	20,95±1,10	22,90±0,90*

По способности микрофлоры рубца расщеплять грубый корм можно судить о целлюлолитической активности бактерий. Целлюлолитическая активность за период исследований – положительная. Это свидетельствует о том, что расщепление грубого корма в опытной группе протекало активнее с образованием летучих жирных кислот, которые служили источником энергии для животных.

Микроорганизмы рубца могут усваивать небелковые азотистые вещества. Поэтому важным показателем его усвоения является протеолитическая активность. В рубцовом содержимом опытной группы данный показатель за опытные периоды имел достоверное увеличение: 1-й период – на 5,80; 2-й – на 6,29; 3-й – на 7,00; 4-й – на 7,30; 5-й – на 7,70; 6-й – на 8,20; 7-й – на 9,40; 8-й – на 9,80; 9-й – на 9,30 % соответственно. Можно утверждать, что под действием протеолитических ферментов микроорганизмов растительные белки корма, небелковые азотистые вещества активнее расщеплялись до пептидов, аминокислот и аммиака в рубце подопытных животных.

Динамика азотистых веществ представлена в таблице 4. Аммиак является источником азота для бактерий и используется для производства аминокислот, которые в свою очередь служат для синтеза бактериального белка. За опытные периоды концентрация аммиака в рубцовом содержимом имела достоверное увеличение: 1-й период – на 5,40; 2-й – на 7,00; 3-й – на 8,68; 4-й – на 9,00; 5-й – на 9,64; 6-й – на 10,14; 7-й – на 10,82; 8-й – на 11,00; 9-й – на 12,00 % соответственно. По-видимому, концентрация аммиака в рубцовой жидкости варьировала в зависимости от соотношения количества бактерий, которые использовали легко- и тяжелорастворимый протеин корма, азотсодержащие небелковые соединения, необходимые для репликации бактериального белка.

Таблица 4
Динамика азотистых веществ рубца

Table 4
Dynamics of nitrogenous substances in the rumen

Показатель	Референсные значения	Группа	
		Контрольная (n = 5)	Опытная (n = 5)
Подготовительный период (до скармливания)			
Аммиак, мг/100 мл	5–40	16,70±0,85	16,70±1,35
Общий азот, мг/100 мл	100–300	116,50±2,51	116,45±1,40
Небелковый азот, мг/100 мл	15–60	26,40±0,40	26,45±0,65
Белковый азот, мг/100 мл	–	109,40±0,85	109,00±0,55
1-й опытный период (30-е сутки после скармливания)			
Аммиак, мг/100 мл	5–40	17,70±0,90	18,65±1,20*
Общий азот, мг/100 мл	100–300	180,10±4,20	190,35±1,50*
Небелковый азот, мг/100 мл	15–60	29,85±0,45	28,25±0,60*
Белковый азот, мг/100 мл	–	150,25±0,75	162,10±0,65*
2-й опытный период (60-е сутки после скармливания)			
Аммиак, мг/100 мл	5–40	19,10±0,70	20,45±1,00*
Общий азот, мг/100 мл	100–300	185,00±3,30	196,45±1,90*
Небелковый азот, мг/100 мл	15–60	30,90±0,80	29,10±0,65*
Белковый азот, мг/100 мл	–	154,10±1,30	167,45±1,50*
3-й опытный период (90-е сутки после скармливания)			
Аммиак, мг/100 мл	5–40	20,15±0,90	21,90±1,20*
Общий азот, мг/100 мл	100–300	194,30±4,20	206,75±2,40*
Небелковый азот, мг/100 мл	15–60	31,40±0,95	28,90±1,00*
Белковый азот, мг/100 мл	–	162,90±1,50	177,85±2,00*
4-й опытный период (120-е сутки после скармливания)			
Аммиак, мг/100 мл	5–40	21,00±0,55	22,90±1,00*
Общий азот, мг/100 мл	100–300	200,00±6,20	216,00±4,20*
Небелковый азот, мг/100 мл	15–60	31,85±1,30	28,20±0,80*
Белковый азот, мг/100 мл	–	168,15±2,00	187,80±2,30*
5-й опытный период (150-е сутки после скармливания)			
Аммиак, мг/100 мл	5–40	21,80±0,35	23,90±1,40*
Общий азот, мг/100 мл	100–300	211,00±5,20	228,00±3,30*
Небелковый азот, мг/100 мл	15–60	31,00±1,10	27,35±1,00*
Белковый азот, мг/100 мл	–	180,00±3,65	200,65±4,10*
6-й опытный период (180-е сутки после скармливания)			
Аммиак, мг/100 мл	5–40	22,20±0,55	24,75±0,75*
Общий азот, мг/100 мл	100–300	219,00±4,80	239,00±5,20*
Небелковый азот, мг/100 мл	15–60	30,10±1,00	25,85±1,40*
Белковый азот, мг/100 мл	–	188,90±2,65	213,15±3,20*

Продолжение

Показатель	Референсные значения	Группа	
		Контрольная (n = 5)	Опытная (n = 5)
7-й опытный период (210-е сутки после скармливания)			
Аммиак, мг/100 мл	5–40	23,10±0,85	25,60±1,10*
Общий азот, мг/100 мл	100–300	223,00±3,60	246,00±4,20*
Небелковый азот, мг/100 мл	15–60	30,25±1,30	25,20±1,90*
Белковый азот, мг/100 мл	–	192,75±3,10	220,80±3,80*
8-й опытный период (270-е сутки после скармливания)			
Аммиак, мг/100 мл	5–40	25,30±1,10	28,10±0,95*
Общий азот, мг/100 мл	100–300	231,00±4,00	257,00±3,80*
Небелковый азот, мг/100 мл	15–60	30,45±1,10	24,70±1,50*
Белковый азот, мг/100 мл	–	200,55±3,45	232,30±4,10*
9-й опытный период (270-е сутки после скармливания)			
Аммиак, мг/100 мл	5–40	27,40±1,45	30,70±2,00*
Общий азот, мг/100 мл	100–300	242,00±2,65	272,00±3,35
Небелковый азот, мг/100 мл	15–60	30,20±0,95	24,00±2,30*
Белковый азот, мг/100 мл	–	211,80±4,30	248,00±4,85*

Общий азот является одним из показателей степени усвояемости азота корма, а также общей направленности процессов рубцового пищеварения. Концентрация общего азота за опытные периоды имела достоверное увеличение: 1-й период – на 5,70; 2-й – на 6,80; 3-й – 6,40; 4-й – на 8,00; 5-й – на 8,00; 6-й – на 9,13; 7-й – на 10,31; 8-й – на 11,31; 9-й – на 12,40 %. Данное увеличение можно обосновать тем, что концентрация общего азота определялась количеством принятого с кормом белка и небелковых азотсодержащих веществ, соответственно степень усвояемости в опытной группе была выше и зависела от направленности процессов рубцового пищеварения.

Небелковый азот является источником питательных веществ для бактерий в рубце жвачных. Количество небелкового азота по опытным периодам имело достоверное снижение: 1-й период – на 5,52; 2-й – на 5,83; 3-й – на 7,96; 4-й – на 11,46; 5-й – на 12,00; 6-й – на 14,12; 7-й – на 16,69; 8-й – на 18,88; 9-й – на 20,53 % по сравнению с контрольной группой. Данное снижение можно обосновать тем, что кормовая добавка служила источником небелкового азотсодержащего вещества и свободно усваивалась бактериями рубца.

У жвачных животных до 75 % белков и амидов корма расщепляется в рубце под действием протеолитических ферментов микроорганизмов до аммиака. Около 90 % его расходуется на синтез микробного протеина, 10 % на румено-гепатическую циркуляцию. За период скармливания добавки в рубцовом содержимом отмечалось достоверное повышение содержания белкового азота: 1-й период – на 7,88; 2-й – на 8,59; 3-й – на 9,17; 4-й – на 11,68; 5-й – на 11,50; 6-й – на 12,83; 7-й – на 14,55; 8-й – на 15,83; 9-й – на 17,09 %. В связи с этим можно утверждать, что расщепление протеина корма, азотсодержащих небелковых соединений и интенсивность их использования при синтезе микробного белка в опытной группе протекала более эффективно.

Дисахариды и моносахариды в рубце подвергаются брожению с образованием летучих жирных кислот и газов. Летучие жирные кислоты используются организмом как энергетический материал и для синтеза жира. Динамика летучих жирных кислот представлена в таблице 5. Образование летучих жирных кислот в рубце жвачных происходит в процессе переваривания клетчатки. Количество летучих жирных кислот имело достоверное увеличение за опытные периоды: 1-й – на 5,73; 2-й – на 6,34; 3-й – на 6,94; 4-й – на 7,30; 5-й – на 9,85; 6-й – на 10,06; 7-й – на 10,85; 8-й – на 12,00; 9-й – на 13,00 % по сравнению с контрольной группой. Данное увеличение можно обосновать тем, что гидролиз клетчатки, а также сбраживание и усвоение ди- и моносахаридов в рубце опытной группы протекало с более

эффективной и выгодной пользой для организма лактирующих коров.

Уксусная кислота (ацетат) синтезируется в процессе ферментации углеводов. Так, за опытный период в рубцовом содержимом установлено достоверное увеличение ее содержания: 1-й период – на 4,42; 2-й – на 5,20; 3-й – на 5,20; 4-й – на 5,49; 5-й – на 5,63; 6-й – на 4,72; 7-й – на 5,30; 8-й – на 5,00; 9-й – на 6,40 % по сравнению с контрольной группой. Данное изменение характеризуется тем, что в организме лактирующих коров процессы окисления, синтеза липидов в жировой ткани и жирных кислот в молочной железе протекали активнее, что способствовало увеличению молочной продуктивности и жирности молока.

Пропионовая кислота (пропионат) – одна из летучих жирных кислот, которая образуется в рубце жвачных животных в процессе ферментативного расщепления корма. Содержание ее в рубцовой жидкости за опытные периоды имела тенденцию к увеличению: на 1,50 % – в 1-й и 2-й периоды; 3-й и 4-й периоды – на 2,80; 5-й – на 2,70; 6-й – на 3,23; 7-й – на 3,73; 8-й – на 3,25; 9-й – на 4,00 %. Можно предположить, что в рубцовом содержимом опытной группы активнее преобразовывался лактат в пропионат, который играет важную роль в формировании продуктивных и качественных показателей получаемой продукции, а также здоровья лактирующих коров и их плода.

Таблица 5
Динамика летучих жирных кислот

Table 5
Dynamics of volatile fatty acids

Показатель	Референсные значения	Группа	
		Контрольная (n = 5)	Опытная (n = 5)
Подготовительный период (до скармливания)			
Летучие жирные кислоты, ммоль/л	80–150	82,00±1,50	82,00±1,20
Уксусная кислота, %	45–55	44,50±0,50	44,80±0,45
Пропионовая кислота, %	20–30	20,00±0,30	20,00±0,20
Масляная кислота, %	15–20	14,80±0,55	14,80±0,60
1-й опытный период (30-е сутки после скармливания)			
Летучие жирные кислоты, ммоль/л	80–150	83,00±1,60	87,80±2,10*
Уксусная кислота, %	45–55	45,20±0,45	47,20±1,20*
Пропионовая кислота, %	20–30	20,30±0,65	20,60±0,85
Масляная кислота, %	15–20	15,10±0,40	15,30±0,75
2-й опытный период (60-е сутки после скармливания)			
Летучие жирные кислоты, ммоль/ л	80–150	85,00±1,00	90,90±1,50*
Уксусная кислота, %	45–55	46,00±0,60	48,40±1,30*
Пропионовая кислота, %	20–30	21,10±0,70	21,40±1,15
Масляная кислота, %	15–20	15,40±0,30	15,70±0,90
3-й опытный период (90-е сутки после скармливания)			
Летучие жирные кислоты, ммоль/100 л	80–150	87,00±2,45	93,40±3,20*
Уксусная кислота, %	45–55	46,70±0,90	49,90±1,50*
Пропионовая кислота, %	20–30	21,90±1,10	22,50±1,65
Масляная кислота, %	15–20	15,80±0,30	16,10±0,70
4-й опытный период (120-е сутки после скармливания)			
Летучие жирные кислоты, ммоль/100 л	80–150	89,00±1,65	95,50±2,00*

Продолжение

Показатель	Референсные значения	Группа	
		Контрольная (n = 5)	Опытная (n = 5)
Уксусная кислота, %	45–55	47,30±0,40	49,90±1,00*
Пропионовая кислота, %	20–30	22,00±0,70	22,60±0,95
Масляная кислота, %	15–20	16,30±0,50	16,75±0,70
5-й опытный период (150-е сутки после скармливания)			
Летучие жирные кислоты, ммоль/100 л	80–150	91,30±2,30	100,30±3,00*
Уксусная кислота, %	45–55	48,00±1,00	50,70±1,70*
Пропионовая кислота, %	20–30	22,40±0,90	23,00±1,50
Масляная кислота, %	15–20	16,80±0,90	17,30±1,20
6-й опытный период (180-е сутки после скармливания)			
Летучие жирные кислоты, ммоль/100 л	80–150	95,40±2,00	105,00±3,20*
Уксусная кислота, %	45–55	48,70±1,00	51,00±1,90*
Пропионовая кислота, %	20–30	23,15±1,10	23,90±1,50
Масляная кислота, %	15–20	17,20±1,00	17,80±1,50
7-й опытный период (210-е сутки после скармливания)			
Летучие жирные кислоты, ммоль/100 л	80–150	102,30±1,55	113,40±2,20*
Уксусная кислота, %	45–55	49,30±1,20	51,90±2,00*
Пропионовая кислота, %	20–30	24,10±1,30	25,00±1,70
Масляная кислота, %	15–20	17,60±1,40	18,30±1,90
8-й опытный период (270-е сутки после скармливания)			
Летучие жирные кислоты, ммоль/л	80–150	110,12±2,20	123,20±3,00*
Уксусная кислота, %	45–55	50,40±1,40	52,90±2,20*
Пропионовая кислота, %	20–30	24,60±1,80	25,40±2,20
Масляная кислота, %	15–20	18,00±1,80	18,70±2,00
9-й опытный период (270-е сутки после скармливания)			
Летучие жирные кислоты, ммоль/л	80–150	124,12±2,80	139,90±3,40*
Уксусная кислота, %	45–55	50,00±1,00	53,20±2,50*
Пропионовая кислота, %	20–30	25,00±2,00	26,00±2,20
Масляная кислота, %	15–20	18,60±1,80	19,15±2,20

Масляная кислота (бутират) выполняет немаловажную роль в энергетическом метаболизме и регулирует геномную активность, которая влияет на усвоение питательных веществ и функционирование рубца. В рубцовом содержимом отмечалась тенденция к увеличению содержания масляной кислоты по периодам скармливания: 1-й – на 1,32; 2-й – на 1,95; 3-й – на 1,90; 4-й – на 2,70; 5-й – на 3,00; 6-й – на 3,50; 7-й – на 4,00; 8-й – на 4,00; 9-й – на 4,64 %. Данное изменение связано с активной ферментативной деятельностью рубцовой микрофлоры, участвующей в расщеплении белков корма, соответственно это повлияло на продуктивность лактирующих коров и качественные показатели молока.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной статье были изучены показатели активности рубцовой жидкости лактирующих коров при скармливании кормовой добавки NCG-N-карбамил глутамат. Скармливание кормовой добавки высокопродуктив-

ным коровам за опытные периоды способствовало достоверному увеличению количества инфузорий – с 6,47 до 15,06 %, бактерий – с 7,40 до 18,75 %, амилолитической активности – с 7,50 до 18,83 %, протеолитической активности – с 5,80 до 9,30 %, аммиака – с 5,40 до 12,00 %, белкового азота – с 7,88 до 17,09 %, снижению небелкового азота – с 5,52 до 20,53 %, повышению летучих жирных кислот – с 5,73 до 13,00 %, уксусной кислоты – с 4,22 до 6,40 %, что способствовало положительному влиянию на продукты промежуточного и конечного обмена веществ.

Рекомендуем на протяжении всей лактации вводить в рацион кормления высокопродуктивных коров кормовую добавку NCG-N-карбамил глутамат в исследуемой дозе, которая позволит высвободить из корма больше питательных веществ (за счет активации ферментативной деятельности микробных сообществ), которые используются организмом, как пластический и энергетический материал для формирования продуктивных показателей и репродуктивных функций.

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.

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. Кузнецов А.С., Харитонов Е.Л., Остренко К.С. Влияние добавок N-карбомилглутамата на показатели рубцового пищеварения, утилизацию аммиака, метаболизм азота и молочную продуктивность. *Молочное и мясное скотоводство.* 2021;1:29-32. http://doi.org/10.33943/MMS.2021.56.67.006 EDN SOTROY

   Kuznetsov A.S., Charitonov E.L., Ostrenko K.S. The Influence of N-carbomilglutamate Additives in the Diet on Indicators of Rumen Digestion, Utilization of Ammonia, Nitrogen Metabolism and Milk Productivity of Cows. *Dairy and Beef Cattle Breeding.* 2021;1:29-32. (In Russ.). http://doi.org/10.33943/MMS.2021.56.67.006 EDN SOTROY
2. Трухачев В.И., Буряков Н.П., Бурякова М.А., Лаптев Г.Ю., Комарова О.Е., Нарежная 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
3. Трухачев В.И., Буряков Н.П., Махнырева О.Е. Использование отечественной ферментной кормовой добавки в период раздоя коров. *АгроЗоо Техника.* 2023;6(4):1-11. https://doi.org/10.15838/alt.2023.6.4.1

   Trukhachev V.I., Buryakov N.P., Makhnyreva O.E. Use of Domestic Enzyme Feed Additive During Weaning of Cows. *AgroZoo Technique.* 2023;6(4):1-11. (In Russ.). https://doi.org/10.15838/alt.2023.6.4.1
4. 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
5. Wang C., Shang L., Guo Q. et al. Effectiveness and Safety Evaluation of Graded Levels of N-carbamylglutamate in Growing-finishing Pigs. *Journal Nutrition.* 2022;412-418. https://doi.org/10.1016/j.aninu.2022.04.012

6. 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
7. 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
8. 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
9. 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
10. Шаабан М., Белышкина 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
11. Мунгин В.В., Гибалкина Н.И., Цыплов А.Н., Сазанова Е.В. Влияние пробиотика «битацел» в рационе дойных коров на видимую переваримость кормов и состав рубцовой жидкости. *Известия Дагестанского государственного аграрного университета.* 2025;1(25):114-118. https://doi.org/10.52671/26867591_2025_1_114 EDN ESNOKG

    Mungin V.V., Gibalkina N.I., Tsyplov A.N., Sazanova E.V. Effect of the Probiotic «Bitacel» in the Diet of Dairy Cows on the Apparent Digestibility of Feed and the Composition of Rumen Fluid. *News of the Dagestan State Agrarian University.* 2025;1(25):114-118. (In Russ.). https://doi.org/10.52671/26867591_2025_1_114 EDN ESNOKG
12. Камирова А.М., Сизова Е.А., Шошин Д.Е., Иванищева А.П. Влияние различных доз кобальта на рубцовое пищеварение крупного рогатого скота. *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки.* 2023;53(10):85-92. https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-10-10 EDN AVLBZW

    Kamirova A.M., Sizova E.A., Shoshin D.E., Ivanishcheva A.P. Effect of Different Doses of Cobalt on Rumen Digestion of Cattle. *Siberian Bulletin of Agricultural Science.* 2023;53(10):85-92. (In Russ.). https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-10-10 EDN AVLBZW
13. Мирошников С.А., Дускаев Г.К., Шейда Е.В., Рязанов В.А. Влияние преобразованной лузги подсолнечника на ферментативные процессы в рубце жвачных животных in vitro. *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. 2022;52(3):71-78. https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-3-8 EDN UTDALT

    Miroshnikov S.A., Duskaev G.K., Sheida E.V., Ryazanov V.A. Effect of Transformed Sunflower Husk on Enzymatic Processes in the Rumen of Ruminants in Vitro. *Siberian Bulletin of Agricultural Science.* 2022;52(3):71-78. (In Russ.). https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-3-8 EDN UTDALT
14. Цыганков Е.М., Менькова А.А. Переваримость питательных веществ рациона и баланс азота у бычков на откорме. *Аграрный вестник Северного Кавказа.* 2025;16(2):37-47. https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-16-2-37-47 EDN APMDYA

    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;16(2):37-47. (In Russ.). https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-16-2-37-47 EDN APMDYA
15. Камирова А.М., Сизова Е.А. Комплексная оценка влияния минеральных веществ в ультрадисперсной форме на рубцовое пищеварение. *Пермский аграрный вестник.* 2023;1(41):88-98. https://doi.org10.47737/2307-2873_2023_41_88 EDN PFBDRZ

    Kamirova A.M., Sizova E.A. Comprehensive Assessment of the Influence of Mineral Substances in Ultradispersed form on Rumen Digestion. *Perm Agrarian Bulletin.* 2023;1(41):88-98. (In Russ.). https://doi.org10.47737/2307-2873_2023_41_88 EDN PFBDRZ
16. Ситчихина А.В., Сайтханов Э.О., Герцева К.А., Никулова Л.В. Коррекция некоторых показателей обмена веществ у коров в период раздоя с помощью кормовой добавки. *Международный вестник ветеринарии.* 2023;(4):498-506. https://doi.org10.52419/issn2072-2419.2023.4.498 EDN HTAHEL

Sitchikhina A.V., Saitkhanov E.O., Gertseva K.A., Nikulova L.V. Correction of Some Metabolic Indices in Cows During the Milking Period Using a feed Additive. *International Bulletin of Veterinary Medicine.* 2023;(4):498-506. (In Russ.). https://doi.org10.52419/issn2072-2419.2023.4.498 EDN HTAHEL

17. Bachman C., Colombo P., Jaggi K. N-acetylglutamate Synthetase (NAGS) Deficiency: Diagnosis, Clinical Observation and Treatment. *Advances in Experimental Medicine and Biology.* 2022;(153):39-45. https://doi.org/10.1016/j.aninu.2022.05.102
18. Chacher B., Zhu. W., Ye. J. Effect of Dietary N-carbamoyl Glutamate on Milk Production and Nitrogen Utilization in High Yielding Dairy Cows. *Indianapolis.* 2023;(90):215-225. https://doi.org/10.3390/ind156838
19. Hall L.M., Metzenberg R.L., Cohen P.P. Isolation and Characterization of a Naturally Occurring Co-Factor of Carbamyl Phosphate Biosynthesis. *Journal of Biological Chemistry.* 2025:230(2):1013-1021. https://doi.org/10.3389/Jorrnal.2025.1313444
20. Daniotti M., Marca G., Fiorini P., Filippiet L. New Developments in theTreatment of Hyperammonemia: Emerging use of Carglumic Acid. *International Journal of General Medicine.* 2011;(4):21-28.

Сведения об авторах

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

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

Исследовательская статья

УДК 619:615: 636.2.

https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-3-23-34

Профилактическая диспансеризация молочных коров при патологиях дистального отдела конечностей

КОРРЕСПОНДЕНЦИЯ:
Игорь Владимирович Ненашев
E-mail: nenashev1974@inbox.ru

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:
Ненашев И.В., Хакимов И.Н. Профилактическая диспансеризация молочных коров при патологиях дистального отдела конечностей. *Аграрный вестник Северного Кавказа.* 2025;15(3):23-34. https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-3-23-34 EDN XKGIAW

ПОСТУПИЛА: 27.05.2025
ДОРАБОТАНА: 22.08.2025
ПРИНЯТА: 25.08.2025

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ:
авторы сообщают об отсутствии конфликта интересов.

И.В. Ненашев ✉, И.Н. Хакимов

Самарский государственный аграрный университет,
п.г.т. Усть-Кинельский, Россия

АННОТАЦИЯ

ВВЕДЕНИЕ. Заболевания копытец и связанная с ними хромота – одна из ключевых проблем в промышленном молочном животноводстве, ведущая к значительному снижению продуктивности животных и крупным экономическим убыткам.

ЦЕЛЬ. Проанализировать заболеваемость дистального отдела конечностей дойных коров в условиях беспривязного содержания.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. В период с 2019 по 2021 год проведена ортопедическая диспансеризация 3025 дойных коров (средняя живая масса 550–600 кг) на молочно-товарной ферме Республики Татарстан, Россия. Клинико-ортопедическая расчистка выполнялась с учетом сезонности: в зимний период (декабрь – февраль) – 1146, весенний (март – май) – 737, летний (июнь – август) – 403, осенний (сентябрь –ноябрь) – 739 голов.

РЕЗУЛЬТАТЫ. Установлено, что заболеваемость копытец варьировала в зависимости от сезона: максимальная частота патологий зарегистрирована осенью (44,9 %) и зимой (32,79 %), тогда как весной и летом показатели снижались до 24,49 и 19,58 % соответственно. Наиболее распространенными патологиями во все сезоны были асептический пододерматит, язва пальцевого мякиша и язва Рустергольца. Реже встречались некроз большого пальца и болезни белой линии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Результаты исследования подтверждают выраженную локальную и сезонную зависимости заболеваний копытец у коров при беспривязном содержании, что необходимо учитывать при разработке профилактических мероприятий. Полученные данные могут быть использованы для оптимизации системы мониторинга и снижения экономических потерь в молочном скотоводстве.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: крупный рогатый скот, патологии копытец, распространение патологий, статистика, ортопедическая расчистка

Research article

https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-3-23-34

Preventive Dispensation of Dairy Cows with Pathologies of the Distal Extremities

CORRESPONDENCE:
Igor V. Nenashev
E-mail: nenashev1974@inbox.ru

FOR CITATION:
Nenashev I.V., Khakimov I.N. Preventive Dispensation of Dairy Cows with Pathologies of the Distal Extremities. *Agrarian Bulletin of the North Caucasus.* 2025;15(3):23-34. https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-3-23-34 EDN XKGIAW

RECEIVED: 27.05.2025
REVISED: 22.08.2025
ACCEPTED: 25.08.2025

DECLARATION OF COMPETING INTEREST:
none declared.

Igor V. Nenashev ✉, Ismagil N. Khakimov

Samara State Agrarian University, Ust-Kinelsky Settlement, Russia

ABSTRACT

INTRODUCTION. Hoof diseases and lameness are the main problems in dairy cows with industrial maintenance, which can lead to a decrease in animal productivity, consequently, to huge economic losses.

AIM. To carry out a comprehensive analysis of diseases of the distal extremities of dairy cows in conditions of loose keeping and to assess the influence of seasonal factors and terrain on the frequency and localization of hoof pathologies.

MATERIALS AND METHODS. Orthopedic medical examinations were carried out on dairy cows from 2019 to 2021, at the Afanasovo dairy farm in the Nizhnekamsk region of the Republic of Tatarstan. During the study period, clinical and orthopedic clearance was performed in 3025 cows with an average live weight of 550–600 kg. Of these: in winter (December–February) – 1146, spring (March–May) – 737, summer (June–August) – 403, autumn (September–November) – 739 heads.

RESULTS. We found that hoof diseases do not manifest themselves in the same way in different seasons of the year, most often expressed in winter and amounted to 32.79 %, in autumn – 44.9 %, then in spring – 24.49 % and the lowest incidence was observed in summer – 19.58 %.

CONCLUSION. The most common pathologies of the distal extremities on the farm were revealed in all seasons of the year: total aseptic pododermatitis, finger crumb ulcer and Rusting ulcer. Diseases such as thumb necrosis and white line disease have the lowest percentage.

KEYWORDS: cattle, pathology of hooves, spread of pathologies, statistics, orthopedic clearance

ВВЕДЕНИЕ

Заболевания копытец и хромота являются основными проблемами у молочных коров при промышленном содержании, которые могут привести к снижению продуктивности животных и, следовательно, к огромным экономическим потерям. Профилактика, раннее выявление и своевременное лечение патологий могут свести к минимуму потери сельскохозяйственной продукции и ускорят выздоровление, уменьшат болезненность у животных при заболеваниях [1]. Поведение хромых коров или коров с заболеваниями дистального отдела конечностей по сравнению со здоровыми, не хромающими коровами характеризуется более длительными лежачими интервалами и большим общим временем, проведенным в лежачем положении [2], коротким шагом и медленной скоростью ходьбы [3], снижением частоты жевания [4], а также сокращением времени кормления или ускорением приема пищи [5]. Экономические потери из-за хромоты в основном связаны с проблемами со здоровьем как таковыми, а не с затратами на лечение [6]. Потери часто незначительны. В зависимости от степени тяжести можно выделить следующие компоненты потерь: потеря массы тела [7], снижение производства молока [8; 9], снижение потребления сухого вещества [10], снижение продолжительности жизни [11], а также нарушение репродуктивной функции [12]. Исследования показали, что хромые коровы менее охотно посещают доильные залы установок, в которых используются автоматические системы доения.

Регулярный уход за копытами (обрезка копыт, дезинфекция) может увеличить шансы на долголетие животных, но неправильное использование копытных ванн потенциально может нанести еще больший вред, чем пользу [13; 14]. Обеспечение чистоты и регулярной уборки навоза в помещениях является основным защитным фактором, снижающим хромоту животных.

Правильная обрезка копытец обеспечивает устойчивость при ходьбе и позволяет животному равномерно распределять вес на все конечности и подошву [15]. Профилактическую ортопедическую расчистку необходимо проводить по крайней мере два раза в год, но оптимальная частота расчистки, вероятно, определяется факторами, специфичными для каждой фермы, помещения, принятой технологии содержания животных и каждого животного. Большинство ферм связаны с проблемой хромоты крупного рогатого скота, это может быть связано с кормлением, условием содержания животных, стрессам (покрытие пола и т. д.) и частотой расчистки копытец [16]. На качество копыт влияет даже генетика (породные, типовые, линейные особенности) и развитие конечностей [17].

В настоящее время изученность данного вопроса не достаточная, в связи с этим было проведено настоящее исследование.

Цель исследования – провести комплексный анализ заболеваний дистального отдела конечностей дойных коров в условиях беспривязного содержания и оценить влияние сезонных факторов и местности на частоту и локализацию патологий копытец.

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

Ортопедическая диспансеризация проводилась на дойных коровах с 2019 по 2021 год на молочно-товарной ферме «Афанасово» Нижнекамского района Республики Татарстан, Россия. За исследуемое время клинико-ортопедическую расчистку выполнили у 3025 коров со средней живой массой 550–600 кг. Из них: в зимний период (декабрь – февраль) – 1146, весенний (март – май) – 737, летний (июнь – август) – 403, осенний (сентябрь – ноябрь) – 739 голов.

Основными причинами выбраковки 612 животных в данном предприятии за три года являлись следующие патологии: заболевания конечностей – 61 корова, или 9,97 %, желудочно-кишечного тракта – 45, или 7,35 %, гинекологические заболевания – 41, или 6,7 %, травмы – 20, или 3,27 %, низкая продуктивность – 10, или 1,63 %, заболевание вымени – 7, или 1,14 %, прочие – 428, или 69,93 %.

Процедура исследования

Исследование проводилось в три этапа:

1) визуальный осмотр всего поголовья во время движения и в покое;

2) ортопедическая расчистка, при которой обращалось внимание на форму копытец, с визуальным выявлением патологий в области пальцев;
3) ортопедическая коррекция, проводимая при показаниях.

Методы

Животных фиксировали в специальном станке для ортопедической расчистки, фармакологические средства не использовали. Ортопедическая коррекция включала механическую обработку отросшего рога с помощью углошлифовальной машинки с присоединенной к ней фрезой, медиальные луночки формировали копытными ножами.

Результаты работы заносились в специальные листы учета. Журнал регистрации ортопедических обработок до нашего исследования велся нерегулярно без отражения конкретных патологий и их локализации.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Клиническое исследование по диагностике и профилактической расчистке копытец у дойных коров проводились в течении 2019–2021 годов. За это время осмотрены и расчищены копытца у 3025 коров, у 723 больных животных выявлена 1051 патология копытец. Частота заболеваемости дистального отдела конечностей у дойных коров на молочно-товарной ферме составила 31,4 % (таблица 1).

Таблица 1
Заболеваемость копытец по сезонам года

Table 1
Incidence of hooves by season

Коровы	Зима	Весна	Лето	Осень	Всего
Ортопедически здоровые, гол.	863	592	337	510	2302
Ортопедически больные, гол.	283	145	66	229	723
Ортопедически больные, %	32,79	24,49	19,58	44,9	31,4
Всего животных	1146	737	403	739	3025

Следует отметить, что наиболее часто за исследуемый период встречались следующие заболевания: асептический пододерматит – 436 случаев, или 41,48 %, язва пальцевого мякиша – 213, или 20,27 %, язва Рустергольца – 122, или 11,61 %, деформация копытец – 69, или 6,57 %, гнойный пододерматит – 58, или 5,52 %, тиломы – 51, или 4,85 %, флегмоны венчика – 39, или 3,71 %, некроз большого пальца – 25, или 2,38 %, язва межпальцевой щели – 21, или, 1,99 %, болезнь белой линии – 17, или 1,62 % (рисунок 1).

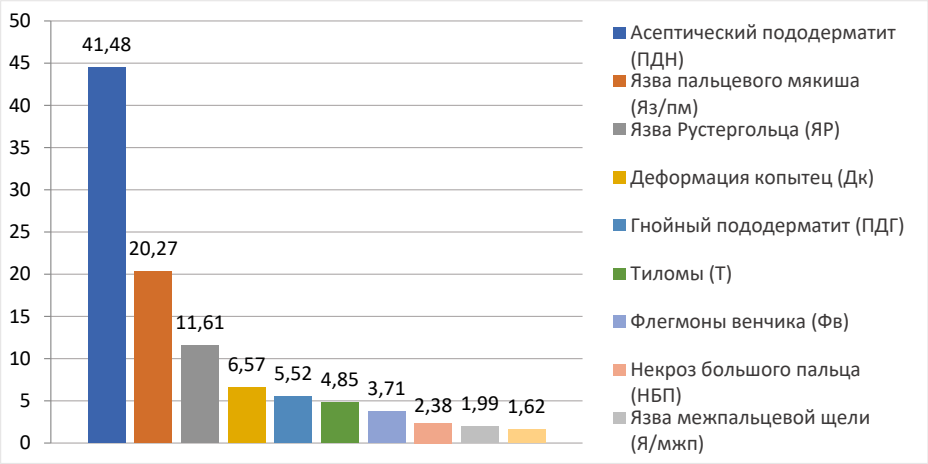


Рисунок 1
Заболеваемость копытец, %

Figure 1
Incidence of hooves, %

Патологии возникали как на грудных, так и на тазовых конечностях. Выявлено, что в большинстве случаев поражались тазовые правая – 222 случая, или 30,71 %, и левая тазовая – 208 случаев, или 28,77 %. Поражение сразу двух тазовых конечностей отмечали у 158 животных, или 21,85 %,

реже повреждались грудные правая и левая – 22, или 3,04 %, и 31, или 4,31 %, соответственно, одновременно грудной и тазовой – 15, или 2,07 %, трех конечностей – 26, или 3,6 %, четырех конечностей – 31, или 4,29 %. Меньше всех поражались одновременно две грудные конечностей – 10, или 1,38 % (рисунок 2).

Было установлено, что заболевания копытец в разные сезоны года проявляются не одинаково. Наиболее они выражены в зимнее время – 39,14, осенью – 31,67, затем весной – 20,06 %. Самый низкий процент заболеваемости отмечался в летнее время – 9,13 % (таблица 1).

В зимний период ортопедическая заболеваемость распространялась следующим образом: асептический пододерматит – 35,71, язва пальцевого мякиша – 23,01, язва Рустергольца – 11,64, флегмоны венчика – 5,82, деформация копытец и тиломы – 5,56, гнойный пододерматит – 4,76, некроз большого пальца – 3,44, болезнь белой линии – 2,65, язва кожи межпальцевого свода – 1,85 % (рисунок 3).

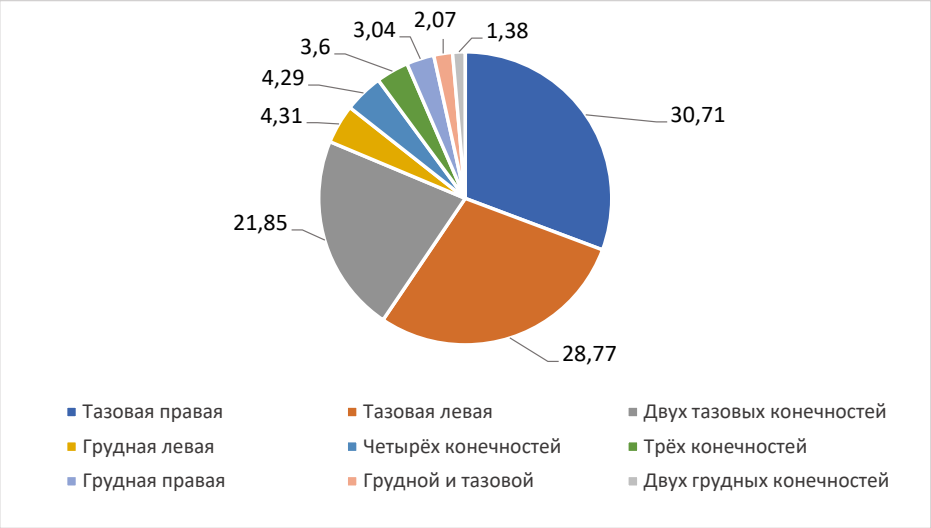


Рисунок 2
Локализация патологий на конечностях, %

Figure 2
Localization of pathologies on the extremities, %

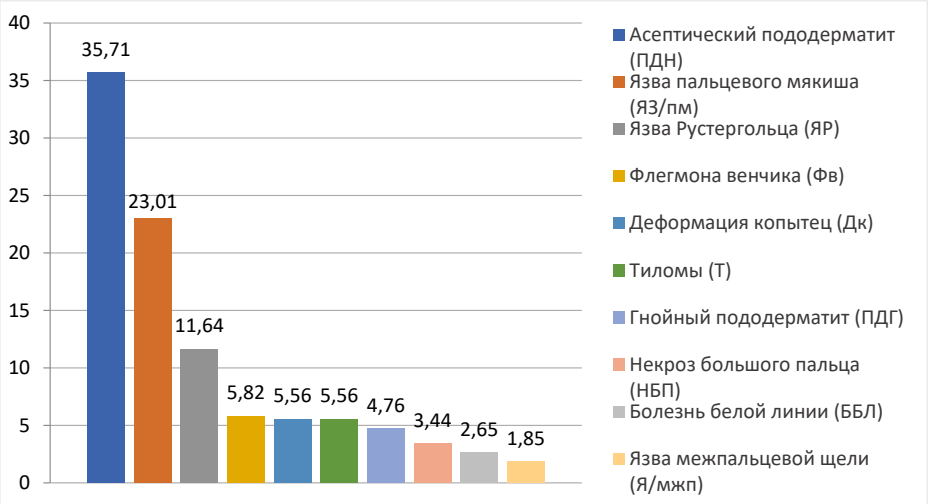


Рисунок 3
Заболеваемость копытец в зимний период, %

Figure 3
Incidence of hooves in winter, %

В 81 случае была повреждена тазовая левая (28,62 %), тазовая правая – 84 случаев, или 29,68 %, двух тазовых конечностей – 65, или 22,97 %, четырех конечностей – 12, или 4,24 %, грудная правая – 10, или 3,53 %, грудная левая – 8, или 2,82 %, трех конечностей одновременно – 10, или 3,53 %, грудной и тазовой – 9, или 3,19 %, двух грудных конечностей – 4, или 1,42 % (рисунок 4).

В весеннее время ортопедическая заболеваемость распространялась не одинаково. В ходе наших исследований были получены следующие данные: частота встречаемости асептического пододерматита составила 41,92 %, язвы пальцевого мякиша – 16,16 %, язвы Рустергольца – 9,6 %, деформации копытец – 10,1 %, гнойного пододерматита – 6,06 %, тиломы – 5,55 %, флегмоны венчика – 3,54 %, некроза большого пальца – 3,03 %, болезни белой линии и язвы кожи межпальцевого свода – 2,02 % (таблица 1, рисунок 5).

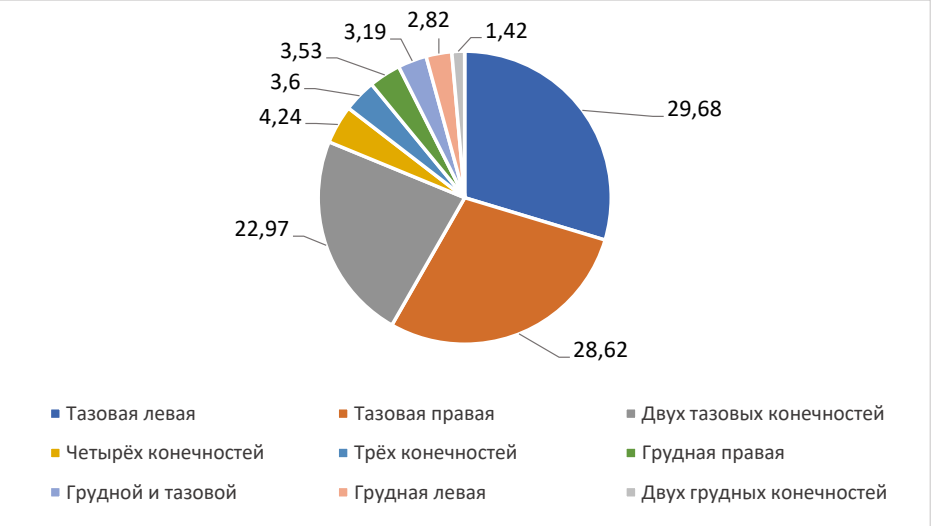


Рисунок 4
Локализация патологий на конечностях в зимний период, %

Figure 4
Localization of pathologies on the extremities in winter, %

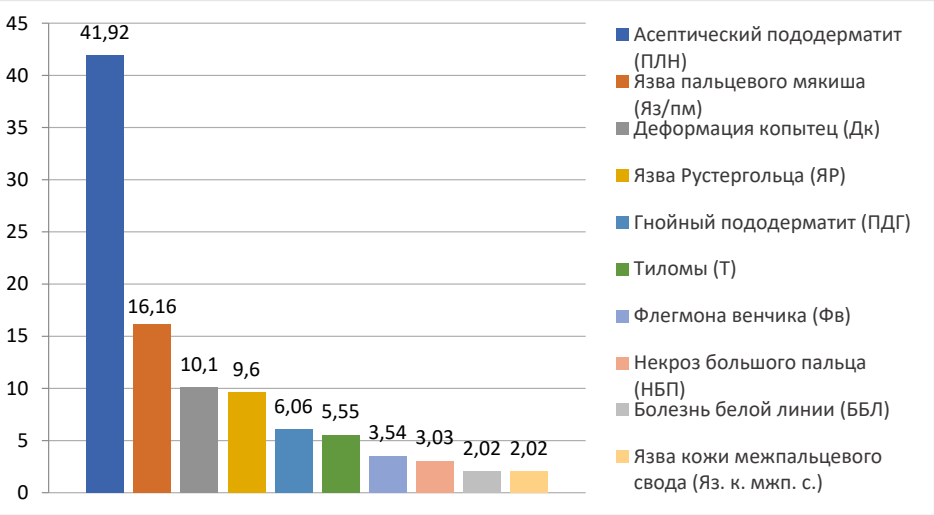


Рисунок 5
Заболеваемость копытец в весенний период, %

Figure 5
Incidence of hooves in spring, %

За период исследования наиболее часто повреждались тазовые конечности, правая – 52 раза, что составило 35,17 %, левая – 46 раз, или 31,72 %, на обоих тазовых конечностях патологии отмечались в 24 случаях, или в 16,55 %, реже на четырех конечностях – 7 животных, или 4,83 %, грудных конечностях: правой – 6 раз, или 4,14 %, левой – 3, или 2,07 %, на трех конечностях патологии выявлены у 6 животных, или 4,14 %, двух грудных конечностей – у 2, или 1,38 % (рисунок 6).

В летний период ортопедическая диспансеризация у дойных коров на МТФ «Афанасово» выявила следующие патологии: асептический пододерматит составил 40,0, язва пальцевого мякиша равнялась 23,01, язва Рустергольца отмечалась у 13,33, гнойный пододерматит у 10,84, деформация копытец у 8,33 % животных, реже наблюдались следующие патологии копытец, тиломы и флегмоны венчика – у 3,33, некроз большого пальца – у 1,67 %, язва кожи межпальцевого свода – у 0,83 % коров (рисунок 7).

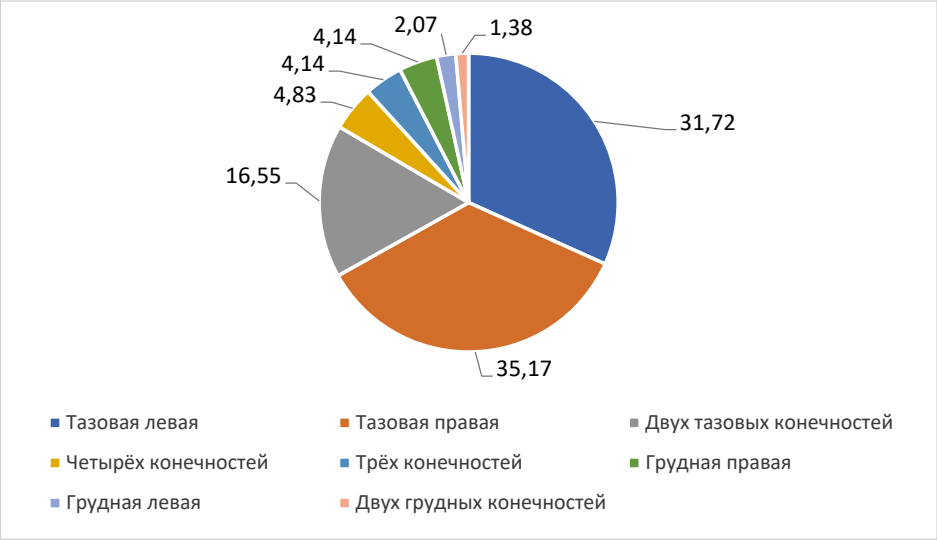


Рисунок 6
Локализация патологий на конечностях в весенний период, %

Figure 6
Localization of pathologies on the extremities in the spring period, %

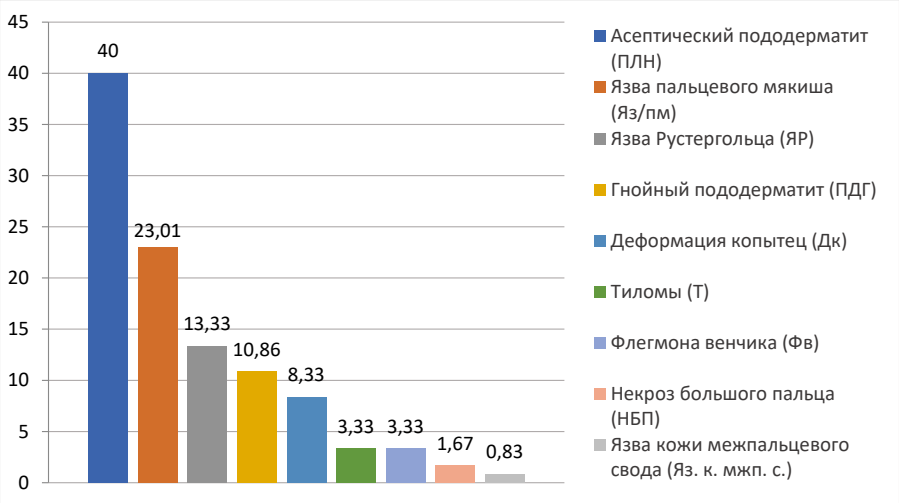


Рисунок 7
Заболеваемость копытец в летний период, %

Figure 7
Incidence of hooves in summer, %

Выявлено, что тазовые конечности, как правая, так и левая, были подвержены заболеваниям наиболее часто: левая – 22 случая, или 33,34 %, правая – 20 случаев, или 30,30 %, заболевания двух тазовых конечностей регистрировались 9 раз, или 13,64 %, грудная правая и левая – 7 раз, или 10,61 %, и 2 раза, или 3,02 %, соответственно, три конечности повреждались в 2 случаях, или 3,02 %, четыре конечности – 3 раза, или 4,55 %, самый низкий процент заболеваемости наблюдался при одновременном поражении грудной и тазовой конечности у 1 животного, или 1,52 % (рисунок 8).

В осенний период картина ортопедических заболеваний приобретала следующую структуру: асептический пододерматит – 47,89, язва пальцевого мякиша – 20,28, язва Рустергольца – 12,11, гнойный пододерматит и тиломы составляли – 4,23, деформация копытец – 5,07, язва кожи межпальцевого свода – 2,4, флегмоны венчика – 1,69, некроз большого пальца – 1,41, болезнь белой линии – 0,85 % (рисунок 9).

Рисунок 8
Локализация патологий на конечностях в летний период, %

Figure 8
Localization of pathologies on the extremities in the summer, %

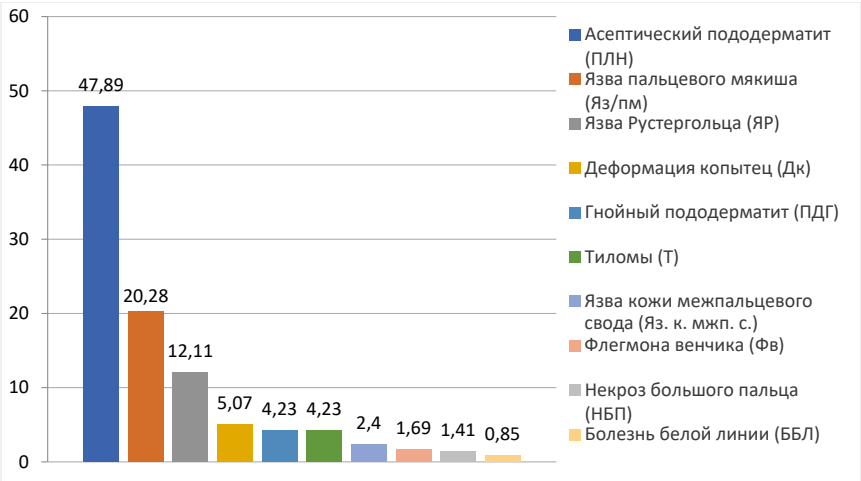


Рисунок 9
Заболеваемость копытец в осенний период, %

Figure 9
Incidence of hooves in the autumn period, %

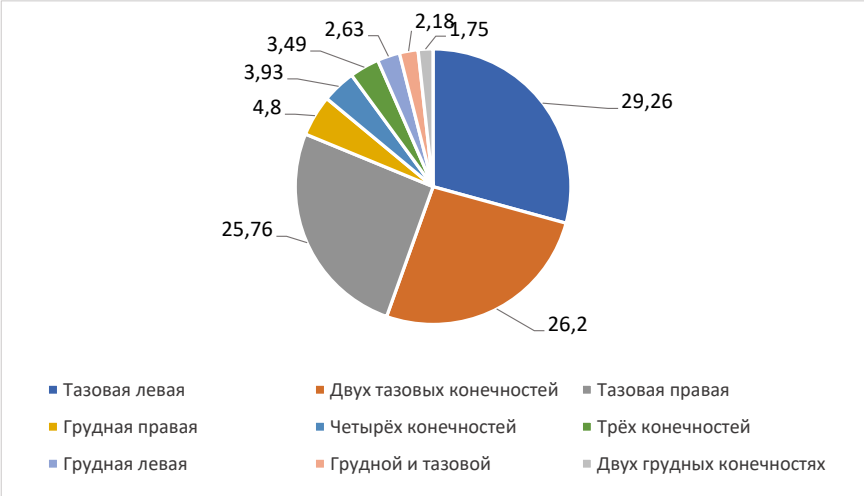


Рисунок 10
Локализация патологий на конечностях, %

Figure 10
Localization of pathologies on the extremities, %

На правой и левой тазовых конечностях наиболее часто возникали патологии – 67 и 59 раз, или 25,76 и 29,26 %, соответственно, одновременное поражение двух тазовых конечностей за исследуемое время наблюдалось у 60 животных, или у 26,20 %, реже патологии обнаруживались на правой и левой грудных конечностях – 11 и 6 раз, или 4,8 % и 2,63 %, на четырех конечностей – 9 раз, или 3,93 %, трех конечностей – 8, или 3,49 %, одновременно на грудной и тазовой – 5 раз, или 2,18, %, и двух грудных конечностей – 4 раза, или 1,75 % (рисунок 10). По-видимому, тазовые конечности находятся в более неблагоприятных условиях, чем передние (больше фекалий и влаги).

ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные нами результаты по ортопедической диспансеризации у дойных коров соответствуют сообщению А. А. Стекольникова [18], который установил, что процент гнойно-некротических поражений тканей пальцев зависит от сезона года, в частности летом инцидентность болезней конечностей была минимальной – 12,78–13,92, в осенне-зимний период данный показатель повышался до 27,88 и весной – до 29,02 %. Согласно исследованию В. В. Гимранова, заболевания в области пальцев в зимний период отмечается тенденция к росту количества больных животных с патологическими процессами в области пальцев [19]. Наши исследования также согласовываются с данными В. А. Ермолаева [20]. Другие авторы отмечают закономерность, что распространение гнойно-некротических патологий носит сезонный характер, и пик заболеваемости отмечается в зимне-весенний период, когда они составляют 79 и 74,6 % соответственно от общего поголовья больных животных [3].

Частота встречаемости ортопедических болезней зависит от их локализации на различных конечностях. В своих исследованиях J. Olechnowicz установил, что патологии дистального отдела грудных конечностей в среднем составляют 13,4 %, в то время как заболеваний тазовых конечностей в несколько раз больше, 61,3 % [21]. Это положение получило подтверждение и в наших исследованиях.

Некроз большого пальца возникает в результате травмирования зацепной части копытец при несоблюдении правил ортопедической расчистки. Болезнь белой линии является следствием несбалансированного рациона кормления молочных коров. В наших наблюдениях у данных заболеваний отмечается минимальный процент выявляемости, это связано с удовлетворительным качеством работы врача-ортопеда и специалистов по кормлению животных.

Преимущественное поражение тазовых конечностей объясняется недостаточно комфортными условиями отдыха коров (длина стойла не соответствуют параметрам взрослого животного), что приводит к их повышенному травматизму и инфицированию.

Таким образом, на основании результатов проведенных исследований мы рекомендуем проводить более глубокую ортопедическую диспансеризацию молочных коров при беспривязном содержании в период с октября по февраль. При этом особое внимание обращать на состояние копытцевого рога тазовых конечностей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследования показали, что заболевания копытец в разные сезоны года проявляются не одинаково, наиболее часто выражены в зимнее время – 32,79, осенью – 44,9, затем весной – 24,49 %, и самый низкий процент заболеваемости отмечался в летнее время – 19,58 %. Выявлены наиболее часто встречающиеся патологии дистального отдела конечностей на ферме во все сезоны года: асептический пододерматит, язва пальцевого мякиша и язва Рустергольца. Самый низкий процент у таких заболеваний, как некроз большого пальца и болезнь белой линии. Чаще повреждались тазовые конечности, как по отдельности левая и правая, так и обе сразу. Повреждения передних конечностей встречаются в несколько реже, чем задних.

Вклад авторов

И. В. Ненашев: концептуализация, методология, программное обеспечение, проведение исследования, создание черновика рукописи.

И. Н. Хакимов: формальный анализ, администрирование данных, визуализация, администрирование проекта.

Contributions

I. V. Nenashev: conceptualization, methodology, software, investigation, writing-original draft.

I. N. Khakimov: formal analysis, data curation, visualization, project administration.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Журба В.А., Руколь В.М. Профилактика болезней конечностей у коров на крупных промышленных комплексах. *Аграрная наука – сельскому хозяйству.* 2022;192-193.
   Zhurba V.A., Rukol V.M. Prevention of Limb Diseases in Cows at Large Industrial Complexes. *Agricultural Science is Dedicated to Agriculture*. 2022;192-193. (In Russ.).
2. Osorio J.S. et al. Corium Molecular Biomarkers Reveal a Beneficial Effect on Hoof Transcriptomics in Peripartal Dairy Cows Supplemented With Zinc, Manganese, and Copper from Amino Acid Complexes and Cobalt From Cobalt Glucoheptonate. *Journal of Dairy Science.* 2016;99(12):9974-9982. https://doi.org/10.3168/jds.2015-10698
3. Ito K. et al. Lying Behavior as an Indicator of Lameness in Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*. 2010;93(8):3553-3560. https://doi.org/10.3168/jds.2009-2951
4. Chapinal N., Barrientos A.K., M.A.G. von Keyserlingk, Galo E., Weary D.M. Herd-level Risk Factors for Lameness in Freestall Farms in the Northeastern United States and California. *Journal of Dairy Science.* 2013;96(1):318-328. https://doi.org/10.3168/jds.2012-5940
5. Walker S.L. et al. Lameness, Activity Time-budgets, and Estrus Expression in Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science.* 2008;91(12):4552-4559. https://doi.org/10.3168/jds.2008-1048
6. Norring M. et al. Lameness Impairs Feeding Behavior of Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*. 2014;97(7):4317-4321. https://doi.org/10.3168/jds.2013-7512
7. Комаров В.Ю. Хромота у коров. *Вестник аграрной науки*. 2021;6(93):25-31. https://doi.org/10.17238/issn2587-666X.2021.6.25
   Komarov V.Yu. Claudication in Cows. *Bulletin of Agrarian Science*. 2021;6(93) :25-31. (In Russ.). https://doi.org/10.17238/issn2587-666X.2021.6.25
8. Neveux S. et al. Hoof Discomfort Changes How Dairy Cattle Distribute Their Body Weight. *Journal of dairy science*. 2006;89(7):2503-2509. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72325-6

9. Красноперов А.С. и др. Заболевания копытец у крупного рогатого скота. *БИО*. 2020;7:26-33.
Krasnoperov A.S. et al. Diseases of the Hooves in Cattle. *BIO*. 2020;7:26-33. (In Russ.).
10. Концевая С.Ю. Оценка степени хромоты у коров. *Аграрная наука*. 2022;354(11-12):43-45. https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-354-11-12-43-45
Kontsevaya S.Yu. Assessment of the Degree of Lameness in Cows. *Agricultural science*. 2022;354(11-12):43-45. (In Russ.). https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-354-11-12-43-45
11. Charfeddine N., Pérez-Cabal M.A. Effect of Claw Disorders on Milk Production, Fertility and Longevity, and their Economic Impact in Spanish Holstein Cows. *Journal of Dairy Science.* 2017;100(1):653-665. https://doi.org/10.3168/jds.2016-11434
12. Bekenev V.A. Productive Longevity of Animals, Ways of its Forecasting and Prolongation. *Agricultural Biology*. 2019;54(4):655-666. https://doi.org/10.15389/agrobiology.2019.4.655eng
13. Стекольников А., Гавриленко Н., Бокарев А., Горохов В., Захаров А. Бесплодие у коров при гнойно-некротических поражениях копытец. *Ветеринария сельскохозяйственных животных.* 2024. 72-74
Stekolnikov A., Gavrilenko N., Bokarev A., Gorokhov V., Zakharov A. Infertility in Cows with Purulent and Necrotic Lesions of the Claws. *Veterinary of Farm Animals.* 2024. 72-74. (In Russ.).
14. Комаров В.Ю. Профилактика болезней конечностей КРС. *Научный журнал молодых ученых*. 2021;4(25):6-11.
Komarov V.Y. Prevention of Diseases of the Extremities of Cattle. *Scientific Journal of Young Scientists.* 2021;4(25):6-11. (In Russ.).
15. Носова М.В., Обухов М.Н. Профилактика заболевания копыт крупного рогатого скота. *Инициативы молодых – науке и производству*. 2023.369-372.
Nosova M.V., Obukhov M.N. Prevention of Cattle Hoof Disease. *Initiatives of the Young – Science and Production*. 2023.369-372. (In Russ.).
16. Симонов Ю.И., Симонова Л.Н. Организация хозяйственных мероприятий при болезнях копытец у коров. *Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии*. 2018;3(67):28-32.
Simonov Yu.I., Simonova L.N. Organization of Economic Measures in Case of Hoof Disease in Cows. *Bulletin of the Bryansk State Agricultural Academy.* 2018;3(67):28-32. (In Russ.).
17. Huxley J.N. Impact of Lameness and Claw Lesions in Cows on Health and Production. *Livestock Science.* 2013;156(1-3):64-70. https://doi.org/10.1016/j.livsci.2013.06.012
18. Novotný L. et al. Genetic Relationship Between Type Traits, Number of Lactations Initiated, and Lifetime Milk Performance in Czech Fleckvieh Cattle. *Czech Journal of Animal Science.* 2017;62(12):501-510. https://doi.org/10.17221/60/2017-CJAS
19. Стекольников А.А. и др. Распространенность и взаимосвязь гнойно-некротических поражений пальцев и акушерско-гинекологических заболеваний у коров в условиях привязного содержания. *Ветеринария.* 2017;7:8-11.
Stekolnikov A.A. and others. Prevalence and Interrelation of Purulent-necrotic Finger Lesions and Obstetric-gynecological Diseases in Cows in Conditions of Tethered. *Veterinary medicine.* 2017;7:8-11. (In Russ.).
20. Гимранов В.В., Утеев Р.А, Гилязов А.Ф. Результаты ортопедической диспансеризации импортного скота. *Достижения науки и техники АПК*. 2010;2:51-52.
Gimranov V.V., Uteev R.A., Gilyazov A.F. Ortopedical Examination Results of Imported Cattle. *Achievements of Science and Technology of the Agroindustrial Complex*. 2010;2:51-52. (In Russ.).
21. Ермолаев В.А., Марьин Е.М., Идогов В.В., Савельева Ю.В. Болезни копытец у коров. *Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана.* 2010;203:114-118.

Ermolaev V.A., Marjin E.M., Idogov V.V., Savelyeva Yu.V. Hoof Deseases in Cows. *Scientific Notes of the Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N. E. Bauman*. 2010;203:114-118. (In Russ.).

22. Olechnowicz J. et al. Claw Diseases and Lameness in Polish Holstein-Friesian Dairy Cows. *Bull Vet Inst Pulawy.* 2010;54:93-99.

Сведения об авторах

Ненашев Игорь Владимирович –
кандидат ветеринарных наук, доцент кафедры анатомии, акушерства и хирургии,
Самарский государственный аграрный университет,
п. г. т. Усть-Кинельский, Россия
https://orcid.org/0000-0002-3340-885X
SPIN-код: 2826-6650
nenashev1974@inbox.ru

Хакимов Исмагиль Насибуллович –
доктор сельскохозяйственных наук,
профессор кафедры зоотехнии,
Самарский государственный аграрный университет,
п. г. т. Усть-Кинельский, Россия
https://orcid.org/0000-0002-1640-8436
SPIN-код: 5916-0618
Xakimov_2@mail.ru

About the authors

Igor V. Nenashev –
Cand. Sci. (Vet.), Assoc. Prof.,
Department of Anatomy, Obstetrics and Surgery,
Samara State Agrarian University,
Ust-Kinelsky Settlement, Russia
https://orcid.org/0000-0002-3340-885X
nenashev1974@inbox.ru

Ismagil N. Khakimov –
Dr. Sci. (Agric.), Prof., Department of Animal Science,
Samara State Agrarian University,
Ust-Kinelsky Settlement, Russia
https://orcid.org/0000-0002-1640-8436
Xakimov_2@mail.ru

Исследовательская статья

УДК 636.084:631.15(470.67+470.41)

https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-3-35-50

Регионально ориентированные стратегии повышения эффективности мясного и молочного животноводства в России: опыт Дагестана и Татарстана (2011–2022 гг.)

КОРРЕСПОНДЕНЦИЯ:
Евгений Олегович Крупин
E-mail: evgeny.krupin@gmail.com

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:
Оздемиров А.А., Крупин Е.О. Регионально ориентированные стратегии повышения эффективности мясного и молочного животноводства в России: опыт Дагестана и Татарстана (2011–2022 гг.). *Аграрный вестник Северного Кавказа.* 2025;15(3):35-50. https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-3-35-50 EDN YCCUKS

ПОСТУПИЛА: 17.07.2025
ДОРАБОТАНА: 25.08.2025
ПРИНЯТА: 27.08.2025

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ:
авторы сообщают об отсутствии конфликта интересов.

А.А. Оздемиров [1], Е.О. Крупин [2] ✉

Федеральный аграрный научный центр Республики Дагестан, Махачкала, Россия [1]

Татарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – обособленное структурное подразделение Федеральный исследовательский центр «Казанский научный центр Российской академии наук», Казань, Россия [2]

АННОТАЦИЯ

ВВЕДЕНИЕ. Актуальные условия функционирования аграрного сектора в Российской Федерации требуют глубокого переосмысления факторов, влияющих на эффективность мясного и молочного животноводства в различных регионах страны. При этом сравнительный анализ территорий с контрастными природно-экономическими характеристиками остается слабо представленным в научной литературе.

ЦЕЛЬ. Выявить различия в структуре поголовья, уровне продуктивности и экономической отдаче кормов в Республике Дагестан и Республике Татарстан за период 2011–2022 гг.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. В качестве объектов анализа были использованы статистические данные сельхозпредприятий обоих регионов. Оценка включала динамику численности животных, продуктивность, структуру кормов, а также расчет прибыльности прироста живой массы с учетом коэффициента конверсии корма.

РЕЗУЛЬТАТЫ. Установлено, что Татарстан характеризуется более высокой продуктивностью и долей концентратов в рационе, тогда как Дагестан – доминированием мелкого рогатого скота и использованием грубых кормов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Выявленные различия указывают на необходимость регионально ориентированных стратегий: модернизации кормопроизводства и автоматизации процессов в Дагестане и повышения устойчивости отрасли в Татарстане. Представленные результаты могут быть использованы при разработке программ развития агропромышленного комплекса и совершенствовании экономической оценки кормовой эффективности.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: коэффициент конверсии корма, прибыль, крупный рогатый скот, бараны, мясное животноводство, экономическая эффективность, Республика Татарстан, Республика Дагестан, кормопотребление, рентабельность

Research article

https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-3-35-50

Comparative Analysis of Livestock Production Indicators in the Republic of Dagestan and the Republic of Tatarstan (2011–2022)

CORRESPONDENCE:
Evgeny O. Krupin
E-mail: evgeny.krupin@gmail.com

FOR CITATION:
Ozdemirov A.A., Krupin E.O. Comparative Analysis of Livestock Production Indicators in the Republic of Dagestan and the Republic of Tatarstan (2011–2022). *Agrarian Bulletin of the North Caucasus.* 2025;15(3):35-50. https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-3-35-50 EDN YCCUKS

RECEIVED: 17.07.2025
REVISED: 25.08.2025
ACCEPTED: 27.08.2025

DECLARATION OF COMPETING INTEREST:
none declared.

Alimsoltan A. Ozdemirov [1], Evgeny O. Krupin ✉ [2]

[1] Federal Agrarian Scientific Center of the Republic of Dagestan, Makhachkala, Russia

[2] Tatar Scientific Research Institute of Agriculture – subdivision of the Federal State Budgetary Institution of Science «Kazan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences»

ABSTRACT

INTRODUCTION. The current conditions of the agricultural sector in the Russian Federation demand a thorough reassessment of the factors influencing the efficiency of meat and dairy livestock production across various regions. Despite the relevance of this issue, comparative analyses between territories with contrasting natural and economic conditions remain underrepresented in scientific literature.

AIM. This study aims to identify differences in herd composition, productivity levels, and feed conversion profitability in the Republic of Dagestan and the Republic of Tatarstan over the period 2011–2022.

MATERIALS AND METHODS. Statistical data from agricultural enterprises in both regions were analyzed. The study included assessments of animal population dynamics, milk and meat productivity, feed structure, and profit per unit of live weight gain, based on feed conversion ratio.

RESULTS. The research revealed that Tatarstan is characterized by higher productivity and a greater share of concentrates in animal diets, while Dagestan is dominated by small ruminants and the use of coarse feed.

CONCLUSIONS. The identified differences highlight the need for region-specific strategies: modernization of feed production and automation in Dagestan, and enhanced sustainability in Tatarstan. The results may be used to guide regional agropolicy and improve economic assessment models for feed efficiency in livestock farming.

KEYWORDS: livestock production, productivity, feed efficiency, feed conversion ratio, cattle and sheep, Republic of Dagestan, Republic of Tatarstan, economic analysis, agricultural development, regional comparison

ВВЕДЕНИЕ

Животноводство, как системообразующая отрасль агропромышленного комплекса, играет фундаментальную роль в обеспечении продовольственной безопасности и создании рабочих мест [1; 2]. Эффективность животноводческого сектора находится в прямой зависимости от продуктивности сельскохозяйственных животных, а также от рациональности использования кормовых ресурсов. Кормовая база не всегда обеспечивает животноводческую отрасль в потребном количестве кормов. К тому же возникают вопросы к низкому качеству производимых кормов [3; 4; 5]. Республика Дагестан (РД) и Республика Татарстан (РТ), представляя собой два контрастных аграрных региона Российской Федерации, демонстрируют значительное различие в экономическом развитии и потенциале агропромышленного комплекса. Республика Татарстан, являясь одним из ведущих субъектов Российской Федерации по основным экономическим показателям, демонстрирует высокий уровень развития агропромышленного сектора, что подтверждается ее лидирующими позициями в данной области [6; 7; 8]: Дагестан традиционно славится пастбищным (отгонным) животноводством горных и предгорных районов, тогда как Татарстан является одним из ведущих центров интенсивного молочного скотоводства страны. Эти различия проявляются в структуре поголовья: Дагестан занимает лидирующее место по численности сельскохозяйственных животных (в том числе около 900 тыс. голов крупного рогатого скота (КРС) и 4,6 млн овец и коз всех категорий на 2022 год), особенно выделяясь в овцеводстве, тогда как в Татарстане поголовье КРС сопоставимо (913 тыс. голов на конец 2022 г.) при значительно меньшей численности мелкого рогатого скота [1, 2]. Однако объемы производства молочной продукции и скота на убой в Татарстане существенно выше, чем в Дагестане, несмотря на меньшее поголовье коров [3]. По официальным данным, в 2013 г. среднегодовой надой молока на одну корову в Дагестане составлял всего 1678 л, что значительно уступало как среднероссийскому уровню (5000 л) [4], так и показателям Татарстана (около 5000 кг на корову в те годы) [5]. В последние годы Татарстан превратился в ведущий регион РФ по валовому производству молока (более 2 млн тонн сырого молока в 2022 г., или 6,2 % общероссийского объема) благодаря невиданному росту продуктивности стад: сейчас одна корова в среднем дает около 7100 кг молока в год (среднее по стране – 8200 кг). Дагестан продолжает удерживать статус лидера среди субъектов Российской Федерации по поголовью овец и коз, обеспечивая значительный вклад в отечественное овцеводство и козоводство. В частности, регион вносит до четверти в общее производство шерсти на уровне страны, что свидетельствует о его ключевой роли в аграрном секторе России [9].

Научная проблема заключается в том, что до настоящего времени недостаточно изучено, как региональные природно-климатические условия, традиции ведения хозяйства и уровень интенсификации производства влияют на структуру поголовья, продуктивность животных, систему кормления и выход продукции. В рамках современных научных изысканий, как правило, осуществляется детальный анализ отдельных регионов, что исключает возможность проведения прямых сравнительных исследований. Так, например, отмечается значительное отставание Республики Дагестан по показателям молочной продуктивности, обусловленное низким уровнем механизации производственных процессов и недостаточной эффективностью племенной работы. При этом уникальность отгонной системы животноводства в данном регионе представляет собой важный аспект, требующий дальнейшего изучения. С другой стороны, Татарстан демонстрирует рекордные достижения в области увеличения валового производства молока, что стало возможным благодаря интенсификации произ-

[1] Дагестан в лидерах по поголовью мелкого рогатого скота. Gazeta Vatan; 2023-01-07. URL: https://gazetavatan.ru/2023/01/дагестан-в-лидерах-по-поголовью-мелко/

[2] В Татарстане сократилось поголовье крупного рогатого скота. Milknews; 2023-02-20. URL: https://milknews.ru/index/tatarstan-apk-krs.html?utm_source=chatgpt.com

[3] Первый молочный. Татарстан дает стране 6,5 % валового надоя. Agroinvestor; 2024-07-03. URL: https://www.agroinvestor.ru/regions/article/42573-pervyy-molochnyy-tatarstan-daet-strane-6-5-valovogo-nadoya/?utm_source=chatgpt.com

[4] В 2013 году в Дагестане произведено свыше 755 тысяч тонн молока. Riadagestan; 2014-03-03. URL: https://riadagestan.ru/news/selskoe_khozyaystvo/v_2013_godu_v_dagestane_proizvedeno_svyshe_755_tysyach_tonn_moloka/?utm_source=chatgpt.com

[5] Наибольший суточный надой молока получен в Балтасинском районе. Agro Tatarstan; 2013-04-29. URL: https://agro.tatarstan.ru/index.htm/news/197327.htm?utm_source=chatgpt.com

водственных процессов и оптимизации рационов кормления [10; 11; 12; 13; 14]. Прямое сопоставление ключевых индикаторов продуктивности и эффективности между традиционно экстенсивным регионом (РД) и интенсивно развивающимся (РТ) в долгосрочной перспективе позволяет выявить научно-практические аспекты, определяющие разрыв в продуктивности. Анализ должен учитывать факторы, влияющие на этот разрыв, и определять резервы роста для менее продуктивных хозяйств. Недостаток текущих исследований заключается в отсутствии комплексного сравнительного анализа, учитывающего структуру стада (соотношение видов и половозрастных групп), особенности кормления (доля грубых, сочных и концентрированных кормов), продуктивность животных (молочную, мясную, шерстную), а также динамику этих показателей во времени. Таким образом, необходимо проведение междисциплинарного исследования, интегрирующего данные о структуре стада, кормлении, продуктивности и их динамике, что позволит глубже понять причины различий в продуктивности между регионами и разработать эффективные стратегии для повышения продуктивности менее продуктивных хозяйств, основываясь на выявлении ключевых факторов и резервов роста [5; 15; 16; 17].

Цель исследования – восполнить данный пробел в знаниях посредством сравнительного анализа показателей поголовья, продуктивности, структуры кормления и выхода продукции животноводства в сельскохозяйственных организациях Республики Дагестан и Республики Татарстан за 2011–2022 гг. Для достижения этой цели были поставлены следующие задачи: охарактеризовать структуру стада крупного и мелкого рогатого скота в двух регионах и ее динамику; сравнить рационную структуру кормов (соотношение грубых, сочных и концентрированных кормов) и выявить тенденции ее изменения; оценить показатели продуктивности – надой молока на одну корову, прирост живой массы (выращивание скота) на одно животное, настриг шерсти с одной овцы в разрезе регионов и лет, выявляя тренды изменений; определить корреляционные связи между продуктивностью и особенностями кормления; выявить ключевые различия и их возможные причины, сформулировать рекомендации по повышению эффективности животноводства в каждом регионе.

Формулируется гипотеза, что различия в продуктивности между РД и РТ обусловлены прежде всего уровнем интенсификации производства: мы ожидаем, что Татарстан, характеризующийся высокой долей концентратов в рационе и более продуктивными породами, демонстрирует значительно более высокие удои и привесы на голову, тогда как в Дагестане, при преобладании экстенсивных методов (пастбищное содержание, грубые корма), продуктивность ниже, но постепенно растет по мере внедрения современных технологий. В ходе исследования использованы методы статистического анализа временных рядов, сравнения средних величин, корреляционный анализ, что отражено в соответствующих разделах статьи.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалы

В рамках исследования по интересующим нас ключевым словам осуществлен мониторинг литературных данных, касающихся производственной деятельности хозяйствующих субъектов, затрагивающих различные аспекты животноводства, отраженных в российских и международных базах цитирования – НЭБ eLIBRARY, GoogleScholar, ScienceDirect, Springer Nature, производство продукции животноводства и кормов и др. Объектами исследования служили и данные статистического учета по изучаемым показателям в двух субъектах Российской Федерации – Республике Дагестан и Республике Татарстан в период 2011–2022 гг. Проанализированы следующие показатели, а также соотношения показателей в вышеописанных субъектах, полученные в категории хозяйств – сельскохозяйственные организации: поголовье коров, овцематок и ярок старше года, козоматок и козочек старше года (тыс. гол. в год); расход всех кормов по видам скота (тыс. т к. ед.); надой молока на 1 корову (кг); выращено скота в расчете на 1 голову (кг); среднегодовой настриг шерсти с 1 овцы (в физическом весе) (кг).

Методы

На основе анализа вышеописанных данных произведен расчет структуры поголовья в двух субъектах (в %), структуры рационов кормления в двух субъектах (%), соотношение надоя молока в двух субъектах, рассчитаны коэффициенты корреляции между надоем молока на 1 корову и обеспеченно-

стью животных питательными веществами различных видов кормов в двух субъектах, соотношение выращенного скота в двух субъектах, соотношение среднегодового настрига шерсти с 1 овцы (в физическом весе) в двух субъектах Российской Федерации. Данные заносили в электронные таблицы. С электронными таблицами работали в программе Microsoft Excel: проводили расчеты, анализировали данные, строили графики и диаграммы.

Анализ данных

Данные, представленные в виде структуры, выражали как в процентах от общего значения, так и в числовом соотношении отдельно взятых конкретных показателей, для описания также использовали фактические значения показателей, отражающих суммарные величины значений по всем отдельно взятым сельскохозяйственным организациям, расположенным на территориях республик Дагестан и Татарстан. Динамику изменения показателей устанавливали по уравнению линейной регрессии. Долю вариации переменных в регрессионной модели описывали величиной коэффициента детерминации. Коэффициенты корреляции рассчитывали и анализировали с учетом нормальности распределения данных, применяя программу IBM SPSS Statistics.

В рамках дополнительного анализа была проведена оценка экономической эффективности кормопроизводства и использования кормов при откорме крупного рогатого скота и овец, поскольку повышение эффективности использования корма у жвачных животных открывает значительные возможности для оптимизации использования природных кормовых ресурсов и одновременного увеличения производства продуктов питания и шерсти. Методологической основой послужил расчет условной прибыли на 1 кг живой массы, полученной в результате откорма, с учетом стоимости кормов и цены реализации продукции. Расчеты основывались на следующих параметрах: коэффициент конверсии корма (FCR) – количество килограммов сухого вещества корма, необходимое для получения 1 кг прироста живой массы. Для расчетов использованы усредненные значения FCR: для крупного рогатого скота – 1,8, для овец (баранины) – 4,5 кг/кг. В расчете использованы стоимость кормов, определенная по средним ценам реализации в Республике Дагестан (2024 г.) и равная: зернофураж – 11,5, сено – 10,5 руб/кг. Для расчета использовалась усредненная стоимость кормовой единицы: 11 руб/кг. Цены реализации продукции были приняты по региональным данным Минсельхоза Республики Дагестан на 2024 г.: мясо КРС – 449,8; мясо баранины – 436,2 руб/кг. При расчете показателей для Республики Татарстан использованы следующие значения стоимости кормов (2024 г.): зернофураж – 12,5; сено – 2,2 руб/кг; усредненная цена кормовой единицы принята 7,35 руб/кг. Цены реализации продукции приняты следующими (2024 г.): говядина – 498,82; баранина – 679,91 руб/кг. Значения FCR (1,8 и 4,5) взяты на основании литературных данных [19; 20; 21].

Исходя из указанных выше параметров рассчитывались:

Стоимость кормов на 1 кг прироста живой массы = = FCR × цена 1кг корма;

Условная прибыль с 1 кг прироста живой массы = = цена реализации – стоимость кормов.

Для межрегионального сравнения рассмотрены два сценария:

- Дагестанский (кормовая единица = 11 руб/кг; цены 449,8 и 436,2 руб/кг);
- Татарстанский (кормовая единица = 7,35 руб/кг; цены 498,82 и 679,91 руб/кг).

Это позволило оценить влияние регионального уровня цен на экономическую эффективность откорма в двух контрастных моделях производства.

Статус материалов

Все графики и таблицы являются авторскими построениями и расчетами на основе официальных статистических данных за 2011–2022 гг. и ведомственных сводок.

Источники данных

- Республика Дагестан: территориальная статистика и ведомственные сообщения (Минсельхозпрод РД/РИА «Дагестан»).
- Республика Татарстан: официальные сводки/сообщения (Минсельхоз РТ; Tatar-Inform; Milknews).
- Российская Федерация: федеральные статистические сборники и отраслевые сводки (Минсельхоз РФ).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Анализируя структуру поголовья крупного и мелкого рогатого скота в сельхозпредприятиях РД и РТ (рисунок 1) в период 2011–2022 гг., отметим, что наибольшая доля коров была характерна для предприятий РД и составляла 54,34 % от общего поголовья, тогда как в организациях РТ соответствующий показатель был ниже вышеописанного на 20,73 % и составил 33,61 %. Оценивая структуру поголовья мелкого рогатого скота, в частности овец и коз, отметим, что в разрезе этих двух видов животных в хозяйствах РД доля овцематок и ярок старше года, а также козоматок и коз старше года была также выше аналогичной в сельхозпредприятиях РТ на 16,58 и 3,87 % соответственно. Таким образом, полученные результаты позволяют судить о том, что доля коров, овце- и козоматок, в том числе ярок и козочек старше года, в сельхозорганизациях РД в относительном выражении была более высокая, чем в хозяйствующих субъектах РТ. Если рассматривать абсолютные значения, то отметим, что в предприятиях РТ поголовье коров в 3,69 раза превышало аналогичное в РД, а в организациях РД поголовье овцематок и ярок старше года и козоматок и козочек старше года превышало аналогичное в хозяйствах РТ в 137,98 и 11,80 раза.

Результаты расчета структуры рационов кормления животных в сельхозпредприятиях анализируемых субъектов РФ в период 2011–2022 гг. (рисунок 2) указывают на существенные различия в долях и тенденциях использования грубых, сочных и концентрированных кормов.

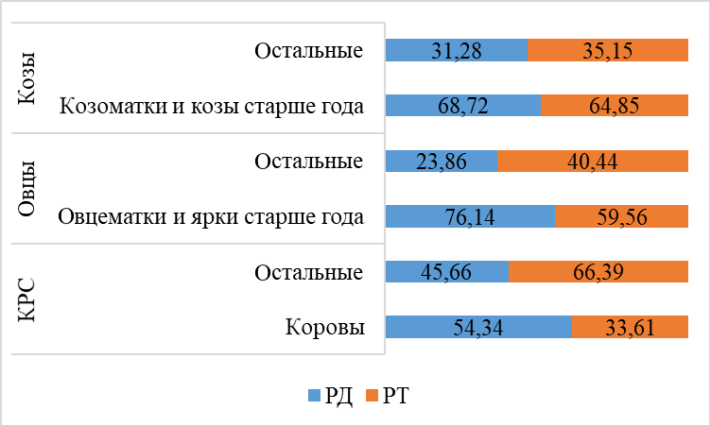


Рисунок 1
Структура поголовья крупного и мелкого рогатого скота, %

Figure 1
Structure of cattle and small livestock population, %

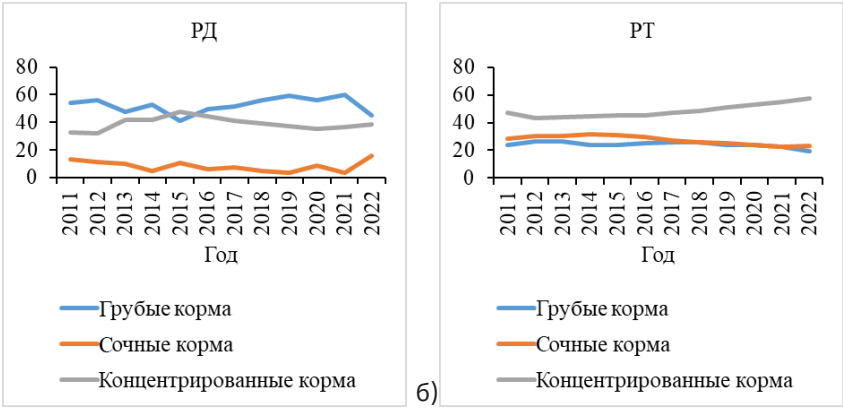


Рисунок 2
Структура рационов кормления, %

Figure 2
Structure of feeding rations, %

Так, если в сельхозорганизациях РД основную долю в рационах составляли грубые корма (в среднем 52,57 %), то в хозяйствующих субъектах РТ – концентрированные корма (в среднем 48,50 %). Доля используемых сочных кормов в предприятиях РД минимальная – в среднем 8,35 %, тогда как в организациях РТ данным видам кормов отводилось второе место по использованию – в среднем 27,34 %. В хозяйствах РД на втором месте по использованию – концентрированные корма, доля их использования составляет 39,08 %. Минимальная доля среди всех кормов, использованных в сельхозпредприятиях РТ, отводилась грубым кормам – в среднем 24,16 %. Рассматривая динамику использования в рационах грубых кормов стоит отметить, что если в сельхозорганизациях РД намечался тренд незначительного увеличения их скармливания ($y = 0{,}2544x + 50{,}915$, $R^2 = 0{,}0263$), то в хозяйствующих субъектах РТ – снижения, однако выраженный крайне незначительно ($y = -0{,}3443x + 26{,}395$, $R^2 = 0{,}3828$). В сельхозформированиях обоих субъектов наблюдали тенденцию снижения сочных кормов в структуре рационов. Так, если для предприятий РД указанное изменение описывалось уравнением вида $y = -0{,}2736x + 10{,}134$ при $R^2 = 0{,}0577$, то для организаций РТ – $y = -0{,}7909x + 32{,}482$ при $R^2 = 0{,}7475$, что характеризует в последнем случае наиболее выраженное снижение изучаемого показателя. В структуре рационов кормления животных хозяйств РД практически неизменным оставалось использование концентрированных кормов ($y = 0{,}0192x + 38{,}952$ при $R^2 = 0{,}0002$), тогда как в сельхозпредприятиях РТ наблюдалось резкое увеличение их доли в составе рационов кормления животных, динамику которого описывает уравнение линейной регрессии вида $y = 1{,}1353x + 41{,}123$ со значением коэффициента детерминации $R^2 = 0{,}7636$.

Экономический анализ кормовой эффективности и прибыли на 1 кг прироста в Республиках Дагестан и Татарстан представлен в таблице 1 и на рисунке 3.

Полученные данные подчеркивают ключевую роль цены кормов и структуры кормления для экономической эффективности и позволяют оценить, насколько региональные различия в ценах и технологиях откорма влияют на прибыльность производства.

Рисунок 3 показывает, как меняется условная прибыль с 1 кг прироста живой массы крупного рогатого скота и баранины при увеличении коэффициента конверсии корма (FCR) от 1 до 5 в Республике Дагестан (РД) и Республике Татарстан (РТ). Для КРС в РД прибыль снижается с 430 руб/кг (при FCR = 1) до 395 руб/кг (при FCR = 5), а в РТ – с 490 до 460 руб/кг. Для баранины аналогично: в РД прибыль падает с 387 до 337 руб/кг, а в РТ – с 679 до 640 руб/кг. На обоих рынках заметна устойчивая отрицательная связь «чем выше FCR, тем ниже прибыль», при этом кривые для Татарстана смещены вверх за счет более высоких цен на мясо и корм.

Таблица 1
Расчет кормовой эффективности и прибыли на 1 кг прироста продукции в Республиках Дагестан и Татарстан (2024 г.)

Table 1
Calculation of Feed Efficiency and Profit per 1 kg of Product Gain in the Republics of Dagestan and Tatarstan (2024)

Регион	Продукция	FCR1 кг/кг прироста	Цена к. ед., руб/кг	Стоимость кормов на 1 кг прироста, руб.	Цена реализации, руб/кг	Прибыль, руб/кг
РД	КРС	1,8	11,0	1,8 × 11,0 = 19,8	449,80	430,00
	Баранина	4,5	11,0	4,5 × 11,0 = 49,5	436,20	386,70
РТ	КРС	1,8	7,35	1,8 × 7,35 = 13,23	498,82	485,59
	Баранина	4,5	7,35	4,5 × 7,35 = 33,08	679,91	646,83

Примечание: [1]FCR (Feed Conversion Ratio) – коэффициент конверсии корма: количество килограммов сухого корма, затрачиваемых на получение 1 кг прироста живой массы. Значения коэффициентов FCR (1,8 для КРС и 4,5 для баранины) приняты на основании литературных источников как усредненные для условий откорма в специализированных хозяйствах [10].

Note: [1]FCR (Feed Conversion Ratio) – feed conversion rate: the number of kilograms of dry feed consumed to produce 1 kg of live weight gain. The values of the FCR coefficients (1.8 for cattle and 4.5 for mutton) are accepted on the basis of literary sources as averaged for fattening conditions in specialized farms [10].

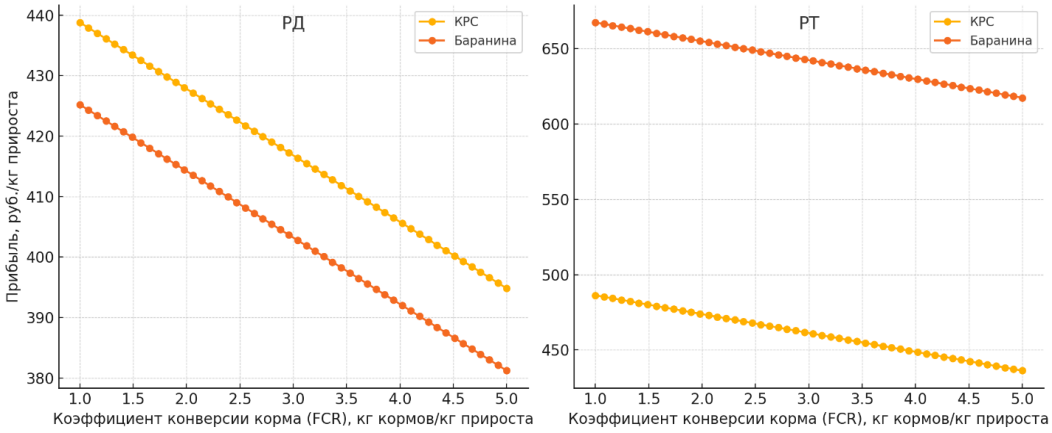


Рисунок 3
Зависимость прибыли от коэффициента конверсии корма для КРС и баранины

Figure 3
Dependence of profit on feed conversion coefficient for beef cattle and lamb

Анализ данных, приведенных на рисунке 4, отражает динамику надоя на 1 корову как в сельхозорганизациях РД, так и в РТ. Результаты наглядно демонстрируют тренд на увеличение молочной продуктивности коров в обоих регионах. Так, за изучаемый период средняя молочная продуктивность коров в хозяйствующих субъектах РД составила 2188 кг, тогда как аналогичный показатель у коров в предприятиях РТ достиг значений 5522 кг, что выше ранее упомянутого значения в 2,52 раза. Если рассматривать динамику увеличения продуктивности коров в организациях РД, то она описывается следующим уравнением линейной регрессии вида y = 162,69x + 1130,8, тогда как аналогичное увеличение молочной продуктивности коров в хозяйствах РТ описывается несколько иным уравнением линейной регрессии, а именно уравнением вида y = 240,65x + 3957,5. Причем стоит отметить, что величина коэффициента детерминации в первом случае была выше и составляла R^2 = 0,8929 против аналогичной для второго уравнения – R^2 = 0,6940. Наибольшие значения углового коэффициента во втором уравнении указывают на интенсивно выраженное изменение изучаемого показателя за исследуемый период времени в популяции животных сельхозпредприятий РТ. При этом если соотнести продуктивность коров в сельхозорганизациях РТ и РД, то наблюдалось отчетливое сокращение разницы между надоем молока на 1 корову в период с 2011 по 2022 г. Максимальные различия наблюдали в 2011 г. – в 2,94, а минимальные в 2021 г. – в 1,71 раза.

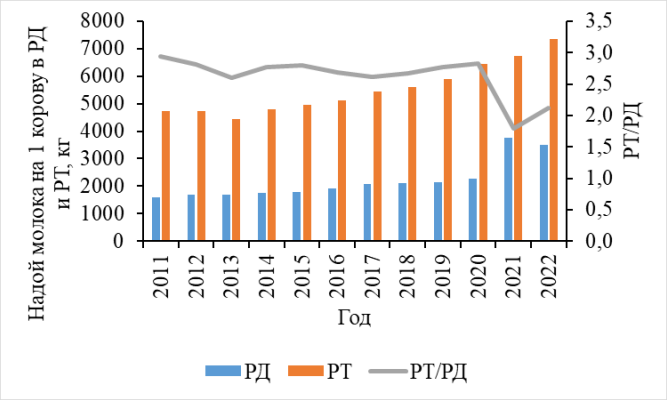


Рисунок 4
Надой молока на 1 корову, кг

Figure 4
Milk yield per cow, kg

Результаты расчета коэффициента корреляции (таблица 3) между надоем молока на 1 корову и их обеспеченностью питательными веществами из различных видов кормов показали, что животные популяции РД не имеют выраженной зависимости надоя от структуры рациона, получены крайне низкие значения величин коэффициентов корреляции, достоверность которых не была установлена. Животные популяции РТ наоборот, показали отрицательную достоверную корреляционную связь между надоем молока и обеспеченностью питательными веществами грубых и сочных кормов – r = –0,766 (p < 0,01) и r = –0,911 (p < 0,01) соответственно, а также достоверную положительную связь между надоем молока и обеспеченностью питательными веществами концентрированных кормов – r = 0,970 (p < 0,01).

Таблица 3
Коэффициенты корреляции между надоем молока на 1 корову и обеспеченностью животных питательными веществами различных видов кормов

Table 3
Correlation coefficients between milk yield per cow and the provision of animals with nutrients from various types of feed

Название столбца	Надой молока на 1 корову	Грубые корма	Сочные корма	Концентрированные корма
Надой молока на 1 корову в РД	1,000	0,147	–0,028	–0,153
Надой молока на 1 корову в РТ	1,000	–0,766**	–0,911**	0,970**

Результаты, представленные на рисунке 5, указывают на то, что за анализируемый период 2011–2022 гг. в сельхозпредприятиях РТ было выращено крупного рогатого скота в среднем в 1,34 раза больше, чем в хозяйствующих субъектах РД, а овец и коз – в 1,35 раза больше. Динамику увеличение изучаемого показателя по крупному рогатому скоту для предприятий РД описывает уравнение линейной регрессии вида y = 10,328x + + 27,547 со значением коэффициента детерминации R^2 = 0,7955. Для организаций РТ уравнение линейной регрессии имеет вид y = 2,6398x + 109,4 при более высоком значении R^2 = 0,9134, что также свидетельствует о нарастании величины изучаемого показателя, однако более низкие значения углового коэффициента характеризуют менее выраженный, медленный и плавный темп изменения изучаемого показателя, нежели в хозяйствах РД. Рассматривая динамику соотношения изучаемого показателя двух регионов за период 2011–2022 гг., обратим внимание на отрицательный тренд, хотя и с низким угловым коэффициентом (y = –0,1111x + 2,245), но достаточно высоким значением коэффициента детерминации – R^2 = 0,7133. Рассматривая величину изучаемого показателя в части овец и коз, отметим в большей степени выраженное увеличение, характерное для сельхозпредприятий РД, что описано уравнением вида y = 0,8651x + 6,5768 при значении R^2 = 0,4885, чем для сельхозорганизаций РТ, динамику показателя в которой описывает уравнение вида y = 0,1955x + 15,192, а значений коэффициента детерминации крайне низкое – R^2 = 0,078. При этом также наблюдали отрицательный тренд соотношения (y = –0,0615x + 1,9387) с еще более низкой величиной коэффициента детерминации – R^2 = 0,1119.

Рассматривая значения среднегодового настрига шерсти от 1 овцы (рисунок 6), отметим, что для хозяйствующих субъектов РД характерна тенденция увеличения изучаемого показателя, хотя значения углового коэффициента не велики (y = 0,1097x + + 1,8839), равно как и коэффициент детерминации располагается в диапазоне средних значений – R^2 = 0,5840. Для предприятий РТ характерен отрицательный тренд (y = –0,0448x + 2,332), причем величина коэффициента детерминации ниже таковой, чем в организациях РД, и составляет R^2 = 0,3659. В целом и соотношения показателей в хозяйствах РТ и РД имеют тенденцию к снижению с 1,11 в 2011 г. до 0,53 в 2022 г. (y = –0,0497x + 1,1417) при R^2 = 0,7487.

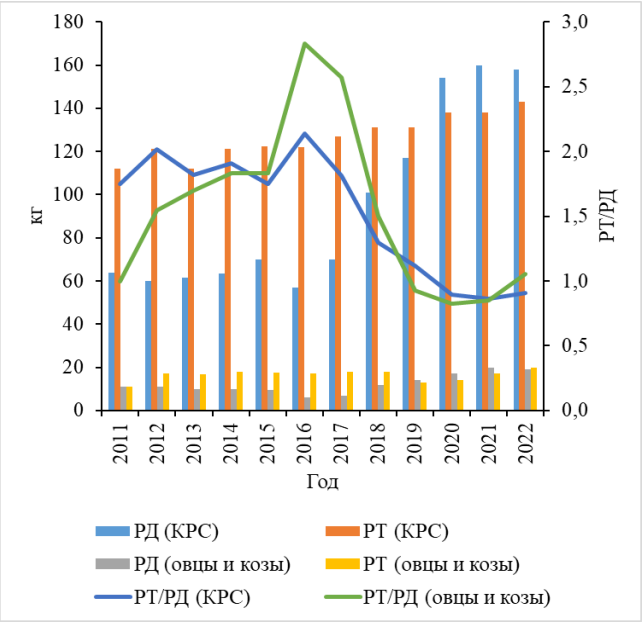


Рисунок 5
Выращено скота в расчете на 1 голову, кг

Fig. 5
Cattle raised per head, kg

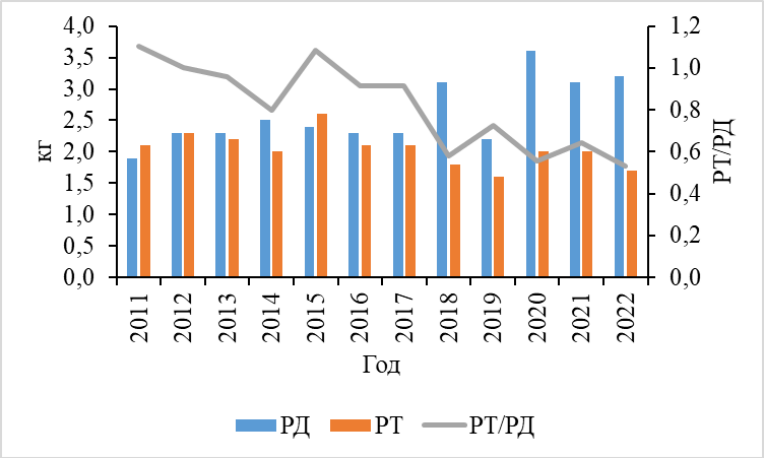


Рисунок 6
Среднегодовой настриг шерсти с 1 овцы (в физическом весе), кг

Fig. 6
Average annual wool yield from 1 sheep (in physical weight), kg

ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты анализа подтверждают системный характер региональных различий в развитии животноводства. Прежде всего, существенно различается структура стада: в сельхозорганизациях Дагестана относительно больше маточного поголовья мелкого рогатого скота (овец и коз), что отражает традиционную ориентацию региона на пастбищное овцеводство, тогда как в Татарстане преобладают коровы и молодняк крупного рогатого скота – основа интенсивного молочно-мясного производства. Эти отличия обусловлены природно-экономическими факторами и исторической специализацией: обширные пастбища Дагестана (86 % земель) и давние традиции отгонного скотоводства способствуют развитию овцеводства, тогда как плодородные земли и умеренный климат Татарстана ориентируют хозяйства на высокопродуктивное молочное скотоводство. Тем не менее в абсолютных показателях картина обратная: поголовье коров в Татарстане почти в 3,7 раза превышает дагестанское, тогда как в Дагестане овцематок и козоматок в десятки раз больше, чем в РТ (в 138 и 11,8 раза соответственно). Такой контраст подтверждает, что Дагестан исторически специализируется на разведении мелкого скота, а Татарстан – на разведении крупного рогатого скота.

Системы кормления также разнятся весьма существенно. В дагестанских предприятиях рацион в среднем состоит на 52–53 % из грубых кормов (сено, пастбище) при 39 % концентратов и лишь 8 % сочных кормов [12]. Напротив, в Татарстане преобладают концентраты (48,5 % рациона), значительна доля сочных кормов (силоса, 27 %) и минимальна доля грубых (24 %) [8]. Это свидетельствует о более интенсивном, энергонасыщенном типе кормления в РТ, ориентированном на легкопереваримые высокоэнергетические компоненты (комбикорм, зерно, силос) для обеспечения высоких удоев. Для сравнения, оптимальной на современных молочных фермах считается доля концентратов 40–50 % сухого вещества рациона; показатель Татарстана близок к этому, что частично объясняет лидирующую продуктивность региона. В Дагестане же высокая доля грубых кормов отражает экстенсивный характер кормления и ограниченную обеспеченность концентратами. С течением времени (2011–2022 гг.) различия в кормопользовании усилились: в РТ доля концентратов ежегодно возрастала (+1,13 % в год), сопровождаясь резким сокращением использования грубых и особенно сочных кормов. Этот тренд с высоким коэффициентом детерминации ($R^2 = 0,75$) указывает на целенаправленное усиление концентратной части рациона в Татарстане, вероятно, благодаря модернизации технологий кормления. В Дагестане же за тот же период существенных сдвигов структуры рациона не произошло: соотношение грубых, сочных и концентрированных кормов оставалось относительно стабильным, что свидетельствует о сохранении традиционного экстенсивного подхода к кормлению.

Экономический анализ кормовой эффективности показал, что экстенсивная модель откорма

в Дагестане при средней цене кормовой единицы 11 руб./кг обеспечивает условную прибыль с 1 кг прироста живой массы на уровне 430 руб. для крупного рогатого скота и 386,7 руб. для баранины. В Республике Татарстан, где цены реализации продукции выше (говядина – 498,82, баранина – 679,91 руб/кг), а средняя стоимость кормовой единицы (зернофураж + сено) составляет 7,35 руб/кг, себестоимость кормов на 1 кг прироста равна 13,23 руб. (КРС) и 33,08 руб. (баранина). При этом условная прибыль достигает 485,59 руб/кг у крупного рогатого скота и 646,83 руб/кг у баранины.

Таким образом, несмотря на более дорогие корма, интенсивный тип кормления в Татарстане обеспечивает значительно более высокую рентабельность (+13 % для КРС и + 67 % для баранины) по сравнению с экстенсивной системой Дагестана. Ключевыми факторами остаются эффективность конверсии корма и уровень цен реализации: даже при умеренно худшем FCR небольшое повышение продуктивности или цены продукции дает существенный прирост прибыли. Это подчеркивает, что для повышения экономической устойчивости необходимо одновременно оптимизировать структуру рационов, повышать конверсию кормов и обеспечивать доступ к рынкам сбыта продукции.

Молочная продуктивность коров ожидаемо значительно выше в Татарстане, хотя разрыв постепенно сокращается. В среднем за период исследования надой на корову в РТ (5522 кг/год) более чем в 2,5 раза превышал показатель РД (2188 кг). Максимальный разрыв (2,9 раза) наблюдался в начале периода (2011 г.), но к 2021 г. он сократился до 1,7 раза за счет более быстрого роста удоев в Дагестане. Линейные тренды показали ежегодный прирост +240 кг/год в РТ и +163 кг/год в РД, что в относительном выражении соответствует 30 % суммарного роста удоев в Татарстане против 70 % в Дагестане за десятилетие. Тем не менее, даже достигнув 2,2 тонны на корову, Дагестан остается далеко позади среднего уровня по стране (8,2 т) и показателей передовых хозяйств Татарстана (7–7,5 т). Главные причины низкой продуктивности в РД – экстенсивные технологии и недостатки кормления: крайне низкий уровень механизации доения, слабая племенная работа, переменное качество кормов и длительный пастбищный выпас, при котором значительная часть энергии расходуется на поддержание жизнедеятельности, а не на продуктивность. Кроме того, сказывается породный состав: в Дагестане распространены адаптированные к пастбищам местные породы комбинированного и мясо-молочного направления, не отличающиеся высокими надоями, тогда как в Татарстан за последние десятилетия завозились высокопродуктивные племенные нетели (голштинизированный скот и др.), способные давать по 20–25 л в день при интенсивном кормлении.

Корреляционный анализ подтверждает решающее влияние структуры кормления на реализацию молочного потенциала в интенсивных условиях. В Татарстане надои статистически значимо связаны с рационом: коэффициенты корреляции удоя с долей грубых и сочных кормов составляют –0,766 и –0,911 (обратная связь), а с долей концентратов +0,970 (прямая связь); все корреляции высокозначимы при $p<0,01$. Иными словами, чем больше концентратов и меньше грубых/сочных кормов, тем выше удой – закономерность, соответствующая известным требованиям высокопродуктивных молочных коров. Напротив, в Дагестане связь между составом рациона и удоем практически отсутствует (коэффициенты близки к нулю и статистически незначимы). Это можно объяснить однотипностью дагестанских рационов (повсеместно преобладают грубые корма) и влиянием других лимитирующих факторов продуктивности – общего уровня кормления, генетики, здоровья стада, которые маскируют эффект состава рациона. При общем низком уровне продуктивности изменение процентного соотношения кормов само по себе не дает заметного прироста молока [6]: первоначально необходимо увеличить общий объем и качество кормления и улучшить породный потенциал, а уже затем оптимизировать структуру рациона. Этот вывод подтверждает, что для экстенсивной системы первоочередной задачей является повышение обеспеченности питательными ресурсами, тогда как оптимизация рациона становится эффективной лишь на более высоком уровне производства [22].

Не менее заметны региональные различия по мясной продуктивности. В среднем за 2011–2022 гг. на одну условную голову КРС в Татарстане выращивалось в 1,34 раза больше живого веса, чем в Дагестане (по мелкому скоту – в 1,35 раза больше). Это отражает более высокую эффективность откорма в РТ благодаря интенсивным технологиям и по-

[6] National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. Nutrient Requirements of Dairy Cattle: Eighth Revised Edition. Washington, DC: The National Academies Press; 2021. DOI: 10.17226/25806. 502 p.

родам высокой мясной продуктивности, тогда как в Дагестане значительная часть скота содержится экстенсивно на пастбищах, обеспечивая меньшие средние привесы. Однако динамика показателей указывает на ускоренное развитие мясного скотоводства в Дагестане: линейный тренд среднегодового привеса КРС в РД составил +10,33 кг/год на голову (R^2 = 0,80) против +2,64 кг/год в РТ (R^2 = 0,91). Иными словами, дагестанские хозяйства существенно увеличили привесы с низкого стартового уровня, тогда как в Татарстане рост шел медленнее, уже достигнув «плато» высокого уровня. Косвенно это свидетельствует о начале интенсификации откорма в РД – внедрении откормочных площадок, улучшении кормления молодняка, селекции на мясные качества. Разница между регионами постепенно сокращается: отношение привесов в РТ и РД снижалось со временем (негативный тренд соотношения, R^2 = – 0,71), то есть Дагестан понемногу догоняет Татарстан по выходу мяса на голову, хотя отставание еще сохраняется.

По производству шерсти отмечены противоположные тенденции. В Дагестане настриг шерсти с одной овцы неуклонно увеличивался – примерно с 1,9 до 2,8 кг (по тренду 2011–2022 гг.), тогда как в Татарстане сокращался (с 2,3 до 2,0 кг). В результате если в начале периода овцы Татарстана давали шерсти чуть больше дагестанских (соотношение 1,11 в 2011 г.), то к 2022 г. овцы Дагестана стали почти вдвое продуктивнее (соотношение 0,53, то есть настриг в РД примерно в 1,9 раза выше). Такой перелом объясняется, с одной стороны, успехами дагестанского овцеводства (республика сейчас обеспечивает около четверти всей шерсти в РФ, повышая качество шерстной продукции), а с другой – деградацией отрасли в Татарстане. В условиях высокой рентабельности молочного и мясного скотоводства овцеводство в РТ оказалось вне фокуса: поголовье овец там невелико (17 тыс. голов в агрофирмах), многие животные мясного или шубного направления с низким настригом, и к тому же умеренный климат снижает потребность в густой шерсти. Эти факты подтверждают, что Дагестан добился прогресса в улучшении пород овец и технологии содержания (отгонное кормление) даже в экстенсивной системе, тогда как Татарстан уделяет овцеводству мало внимания. Важно отметить, что выявленные различия и тренды согласуются с официальными статистическими данными и литературными сведениями, что повышает достоверность выводов.

Зафиксированный низкий уровень удоев в Дагестане (2 тыс. кг на корову) соответствует ранее опубликованным показателям (например, 1678 л в 2013 г.), тогда как высокие удои и валовое производство молока в Татарстане отражают общероссийский тренд, согласно которому центральные регионы (Поволжье, Центральная зона) лидируют по интенсивности молочного скотоводства. Например, Татарстан в 2022 г. надоил рекордные 2,0 млн тонн молока, достигнув этого за счет роста продуктивности на фоне сокращения поголовья – данный факт полностью согласуется с нашим анализом. Также данные по структуре кормов и относительно низким привесам и удоям в РД соотносятся с отмечаемой в литературе проблемой деградации пастбищ: экстенсивная отгонная система Дагестана, позволяя содержать огромное поголовье (зимой на пастбищах до 1,37 млн овец и 187 тыс. КРС), испытывает давление из-за исчерпания кормовых ресурсов, что ограничивает продуктивность животных. В Татарстане же наблюдаемая корреляция «концентраты – надой» соответствует теоретическим ожиданиям и рекомендациям: для удоев более 7 тыс. кг оптимально скармливать более 45 % концентрированных кормов, что фактически и реализуется в лучших хозяйствах РТ. Одновременно отрицательная связь удоя с сочными кормами отражает практику их замещения концентратами в наиболее продуктивных стадах. Различия в условиях содержания также внесли вклад в выявленные показатели: известно, что чрезмерные нагрузки на коров (жара, длительные переходы к месту доения и пр.) снижают эффективность использования кормов – эта проблема актуальна для дагестанских хозяйств (жаркий климат предгорий, дальний выпас), тогда как в Татарстане условия более контролируемы (стационарные фермы). В целом наши результаты вписываются в известные закономерности, одновременно являясь первым комплексным сопоставлением столь контрастных регионов, что придает дополнительную научную и практическую ценность полученным выводам.

При интерпретации результатов следует учитывать и ряд ограничений исследования. Во-первых, анализ охватывал только крупные сельхозпредприятия (организованный сектор), исключая личные подсобные и фермерские хозяйства; в Дагестане значительная часть поголовья сосредоточена именно в мелких хозяйствах населения, где продуктивность может отличаться от организованного сектора. Во-вторых, усредненные региональные по-

казатели скрывают внутрирегиональные различия: в Татарстане есть передовые комплексы с надоями более 10 тыс. кг и отстающие хозяйства с продуктивностью менее 5 тыс. кг, аналогично в Дагестане разброс эффективности велик. В-третьих, принятая линейная аппроксимация трендов не отражает возможных колебаний (засухи, эпизоотии, ценовые кризисы и т. д.), поэтому прогнозирование на основе таких трендов требует осторожности. Наконец, выявленные корреляции «структура рациона – продуктивность» не доказывают прямой причинно-следственной связи: высокая доля концентратов может быть следствием высоких надоев (фермы вынуждены больше кормить концентратами), а не только их причиной. Учитывая эти ограничения, выводы работы следует трактовать с известной осторожностью; вместе с тем указанные факторы обозначают направления дальнейших исследований для углубленного анализа (включая экономические аспекты, породный потенциал, экологическую устойчивость и социальные факторы).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обобщая результаты сравнительного анализа, можно уверенно констатировать решающую роль уровня интенсификации в формировании экономической эффективности животноводства. Экстенсивная модель в Республике Дагестан (средняя цена кормовой единицы 11 руб/кг) дает условную прибыль 430 руб/кг прироста живой массы КРС и 386,7 руб/кг баранины, тогда как интенсивная модель в Республике Татарстан (средняя цена кормовой единицы 7,35 руб/кг) обеспечивает 485,6 руб/кг (+13 %) и 646,8 руб/кг (+67 %) соответственно. При этом более низкая себестоимость кормов и высокая цена реализации продукции создают в Татарстане «двойной выигрыш» – за счет сокращения затрат и роста доходов.

Положительная динамика в Дагестане по всем ключевым показателям подтверждает наличие значительных резервов роста при переходе к более интенсивным технологиям. Для повышения прибыльности КРС до уровня 450–480 руб/кг и баранины до 420–450 руб/кг Дагестану целесообразно: снижать FCR до 1,6–1,7 за счет оптимизации рационов и качества кормов; расширять производство собственных концентратов и сочных кормов для уменьшения средней цены кормовой единицы; внедрять машинное доение и современные системы кормления для повышения продуктивности стада.

Рекордные показатели Татарстана указывают на важность дальнейшей оптимизации затрат на корма (цель – 6–7 руб/кг), что позволит довести прибыль баранины до 700 руб/кг при сохранении текущих объемов продуктивности. Практические меры включают развитие собственных фуражных хозяйств и инфраструктуры для заготовки грубых и сочных кормов, а также продление продуктивного долголетия коров через улучшение условий содержания. Обмен передовым опытом между регионами представляется особенно эффективным: Дагестану – перенять практики Татарстана по энергоемким рационам и автоматизации ферм; Татарстану – использовать дагестанские наработки в пастбищном содержании и развитии овцеводства как дополнительного источника дохода (экспорт баранины и шерсти). Согласованная стратегия, основанная на количественных целях и доказанных механизмах воздействия на прибыльность, позволит сократить разрыв в продуктивности и обеспечить устойчивое развитие животноводства на национальном уровне.

Вклад авторов

А. А. Оздемиров: программное обеспечение, формальный анализ, проведение исследования, создание черновика рукописи, визуализация.

Е. О. Крупин: концептуализация, методология, верификация данных, создание рукописи и ее редактирование, руководство исследованием.

Contributions

A. A. Ozdemirov: software, formal analysis, investigation, writing-original draft, visualization.

E. O. Krupin: conceptualization, methodology, validation, writing-review & editing, project administration.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Жеребилов Н.И., Кибкало Л.И. *Резервы повышения мясной продуктивности в скотоводстве.* Курск : Типография Курского государственного аграрного университета имени И.И. Иванова; 2024:245.

   Zherebilov N.I., Kibkalo L.I. *Reserves for Increasing Meat Productivity in Cattle Breeding*. Kursk : Printing House of the I.I. Ivanov. Kursk State Agrarian University; 2024:245. (In Russ.).

2. Лоретц О.Г., Донник И.М., Климова Н.А. Здоровье и молочная продуктивность коров в условиях техногенеза. *Аграрный вестник Урала.* 2012;4(96):17-19.

   Loretts O.G., Donnik I.M., Klimova N.A. Health and Productivity of Dairy Cows in a Technogenic. *Agrarian Bulletin of the Urals.* 2012;4(96):17-19. (In Russ.).

3. Муслимов М.Г. Современное состояние и инновационные пути решения проблем в кормопроизводстве Республики Дагестан. *Проблемы развития АПК региона.* 2023;1(53):61-66. https://doi.org/10.52671/20790996_2023_1_61

   Muslimov M.G. Modern State and Innovative Going Near Decision of Problems in Feed Production of Republic of Daghestan. *Problems of Agro-Industrial Complex Development in the Region.* 2023;1(53):61-66. (In Russ.) https://doi.org/10.52671/20790996_2023_1_61

4. Boudalia S., Smeti S., Dawit M., Senbeta E.K., Gueroui Y., Dotas V., Bousbia A., Symeon G.K. Alternative Approaches to Feeding Small Ruminants and Their Potential Benefits. *Animals (Basel).* 2024;14(6):904. https://doi.org/10.3390/ani14060904

5. Cannas A. How Can Nutrition Models Increase the Production Efficiency of Sheep and Goat Operations. *Animal Frontiers.* 2019;9(2):32-42. https://doi.org/10.1093/af/vfz005

6. Гайнутдинов И.Г., Мухаметгалиев Ф.Н., Асадуллин Н.М., Хисматуллин М.М., Авхадиев Ф.Н. Организация племенного дела и повышение продуктивности молочного скотоводства в Республике Татарстан. *Вестник Казанского государственного аграрного университета.* 2023;(3):133-142. https://doi.org/10.12737/2073-0462-2023-133-142

   Gainutdinov I.G., Mukhametgaliev F.N., Asadullin N.M., Khismatullin M.M., Avkhadiev F.N. Organization of Breeding and Increasing the Productivity of Dairy Cattle Breeding in the Republic of Tatarstan. *Bulletin of Kazan State Agrarian University.* 2023;(3):133-142. (In Russ.). https://doi.org/10.12737/2073-0462-2023-133-142

7. Качаев Т.В. Сбалансированность развития агропромышленного комплекса региона на примере Республики Татарстан. *Альманах Крым.* 2024;(42):104-112.

   Kachaev T.V. Balanced Development of the Agro-Industrial Complex of the Region on the Example of the Republic of Tatarstan. *Almanac of Crimea.* 2024;(42):104-112. (In Russ.).

8. Krupin E.O., Shakirov S.K., Chevtaeva N.D. The State of the Fodder Base and Animal Husbandry in Tatarstan. *Multifunctional adaptive feed production: Proceedings of the International Congress on Feed*. 2023;31(79):26-33. https://doi.org/10.33814/MAK-2023-31-79-26-33

9. Римиханов Н.И., Хожоков А.А., Алилов М.М., Абакаров А.А., Магомедов Ш.М. Состояние и перспективы развития овцеводства в Республике Дагестан. *Овцы, козы, шерстяное дело.* 2018;(1):5-6.

   Rimikhanov N.I., Khozhokov A.A., Alilov M.M., Abakarov A.A., Magomedov S.M. The State and Prospects of Sheep Breeding Development in the Republic of Dagestan. *Sheep, goats, wool business.* 2018;(1):5-6. (In Russ.).

10. Загиров Н.Г., Казиев М.Р.А., Догеев Г.Д., Велибекова Л.А., Мусалаев Х.Х., Садыков М.М., Чавтараев Р.М. Актуальные проблемы развития животноводства Республики Дагестан. *Материалы республиканской научно-практической конференции.* Махачкала; 2016:215.

    Zagirov N.G., Kaziev M.R.A., Dogeev G.D., Velibekova L.A., Musalaev H.H., Sadykov M.M., Chavtaraev R.M. Actual Problems of Livestock Development in the Republic of Dagestan. *Materials of the Republican Scientific and Practical Conference.* Makhachkala; 2016:215. (In Russ.).

11. Исаева Д.Г. Развитие экономики сельского хозяйства Республики Дагестан. *Экономика и бизнес: теория и практика.* 2023;2(96):178-181. https://doi.org/10.24412/2411-0450-2023-2-178-181

Isaeva D.G. Development of the Agricultural Economy of the Republic of Dagestan. *Economics and Business: Theory and Practice.* 2023;2(96):178-181. (In Russ.). https://doi.org/10.24412/2411-0450-2023-2-178-181

12. Раджабов Р.А, Омариев Ш.Ш., Мустафаева Х.Д., Аббасова А.А., Алиярова Ш.Т. Эффективность кормопроизводства и пути его повышения. *Известия Дагестанского ГАУ.* 2024;1(21):151-156. https://doi.org/10.52671/26867591_2024_1_151

    Radjabov R.A., Omariev Sh.Sh., Mustafayeva Kh.D., Abbasova A.A., Aliyarova Sh.T. Efficiency of Feed Production and Ways to Increase it. *Dagestan GAU Proceedings.* 2024;1(21):151-156. (In Russ.). https://doi.org/10.52671/26867591_2024_1_151

13. Уколова А.В., Дашиева Б.Ш., Токарев В.С., Невзоров А.С., Храмов Д.Э. Статистико-экономический анализ состояния и развития овцеводства и козоводства в крестьянских (фермерских) хозяйствах Российской Федерации. *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии.* 2023;(5):151-167. https://doi.org/10.26897/0021-342X-2023-5-151-167

    Ukolova A.V., Dashieva B.Sh., Tokarev V.S., Nevzorov A.S., Khramov D.E. Statistical and Economic Analysis of the State and Development of Sheep and Goat Breeding in Peasant (Farm) Farms of the Russian Federation. *Proceedings of the Timiryazevskaya Agricultural Academy.* 2023;(5):151-167. (In Russ.). https://doi.org/10.26897/0021-342X-2023-5-151-167

14. Хазипов Н.Н. Состояние и перспективы развития животноводства в Республике Татарстан. *Ученые записки Казанской академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана.* 2015;(3):3-6.

    Khazipov N.N. The State and Prospects of Animal Husbandry Development in the Republic of Tatarstan. *Scientific Notes of the Kazan Academy of Veterinary Medicine named after N. E. Bauman.* 2015;(3):3-6. (In Russ.).

15. Абдулмуслимов А.М. Тенденции и перспективы развития мясо-молочного подкомплекса Республики Дагестан. *Экономика и предпринимательство.* 2024;(5):95-100.

    Abdulmuslimov A.M. Trends and Prospects of Development of the Meat and Dairy Subcomplex of the Republic of Dagestan. *Economics and entrepreneurship.* 2024;(5):95-100. (In Russ.).

16. Калмагамбетов М.Б., Сайлаубек П.Ж., Байсабырова А.А. Повышение продуктивности коров в зависимости от уровня кормления, сбалансированных за счет премикса. *Global Science and Innovations: Central Asia.* 2021;5(13):33-37.

    Kalmagambetov M.B., Sailaubek P.Zh., Baisabyrova A.A. Increasing Cow Productivity Depending on the Level of Feeding Balanced by Premix. *Global Science and Innovations: Central Asia.* 2021;5(13):33-37. (In Russ.).

17. Terry S.A., Basarab J.A. Guan L.L., McAllister T.A. (2020). Strategies to Improve the Efficiency of Beef Cattle Production. *Canadian Journal of Animal Science.* 2020;101(1):1-19. https://doi.org/10.1139/cjas-2020-0022

18. Bond J.J., Hudson N.J., Khan U.H., Dougherty H.C., Pickford Z., Mackenzie S., Barzegar S., Santos G.A., Woodgate S., Vercoe P., Oddy V.H. Phenotypic Variation in Residual Feed Intake and Relationship with Body Composition Traits and Methane Emissions in Growing Wether Lambs. *Animal Production Science*. 2023;63(17):523-534. https://doi.org/10.1071/an22425

19. Ojo A.O., Mulim H.A., Campos G.S., Junqueira V.S., Lemenager R.P., Schoonmaker J.P., Oliveira H.R. Exploring Feed Efficiency in Beef Cattle: From Data Collection to Genetic and Nutritional Modeling. *Animals.* 2024;14(24):3633. https://doi.org/10.3390/ani14243633

20. Piaggio L., Quintans G., San Julián R., Ferreira G., Ithurralde J., Fierro S., Pereira A.S.C., Baldi F., Banchero G.E. Growth, Meat and Feed Efficiency Traits of Lambs Born to Ewes Submitted to Energy Restriction During Mid-Gestation. *Animal.* 2018;12(2):256-264. https://doi.org/10.1017/S1751731117001550

21. De Barbieri I., Navajas E.A., Ramos Z., Ferreira G., Velazco J. and Ciappesoni G. Feed Conversion Efficiency Does Not Negatively Affect Young Sheep and Ewe Performance (Meta-Analysis). *Frontiers in Animal Science.* 2024;5:1480928. https://doi.org/10.3389/fanim.2024.1480928

22. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle: Eighth Revised Edition.* Washington, DC: The National Academies Press; 2021:502. https://doi.org/10.17226/25806

Сведения об авторах

Оздемиров Алимсолтан Ахмедович – кандидат биологических наук, заведующий лабораторией геномных исследований, селекции и племенного дела, Федеральный аграрный научный центр Республики Дагестан, Махачкала, Россия

https://orcid.org/0000-0003-2150-2192

SPIN-код: 4308-1664

alim72@mail.ru

Крупин Евгений Олегович – доктор ветеринарных наук, ведущий научный сотрудник отдела физиологии, биохимии, генетики и питания животных, Татарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – обособленное структурное подразделение Федеральный исследовательский центр «Казанский научный центр Российской академии наук», Казань, Россия

https://orcid.org/0000-0002-8086-1788

SPIN-код: 5341-0386

evgeny.krupin@gmail.com

About the authors

Alimsoltan A. Ozdemirov – Cand. Sci. (Biol.), Head Laboratory of Genomic Research, Selection and Breeding, Federal Agrarian Scientific Center of the Republic of Dagestan, Makhachkala, Russia

https://orcid.org/0000-0003-2150-2192

alim72@mail.ru

Evgeny O. Krupin – Dr. Sci. (Vet.), Senior Researcher, Department of Animal Physiology, Biochemistry, Genetics, and Nutrition, Tatar Scientific Research Institute of Agriculture – subdivision of the Federal State Budgetary Institution of Science «Kazan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences»

https://orcid.org/0000-0002-8086-1788

evgeny.krupin@gmail.com

Исследовательская статья

УДК 636.085.52:579.64:577.2

https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-3-51-65

Анализ микробного сообщества кормов из провяленной массы злаково-бобовой травосмеси при использовании биологического и химического консервантов

Л.А. Ильина ✉ [1,2], В.П. Клименко [3], А.С. Абрамян [3], С.А. Маляренко [3], З.К. Миюц [3]

[1] ООО «БИОТРОФ», Санкт-Петербург, Россия

[2] Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Санкт-Петербург, Россия

[3] Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В. Р. Вильямса, г. Лобня, Московская обл., Россия

КОРРЕСПОНДЕНЦИЯ:
Лариса Александровна Ильина
E-mail: ilina@biotrof.ru

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:
Ильина Л.А., Клименко В.П., Абрамян А.С., Маляренко С.А., Миюц З.К. Анализ микробного сообщества кормов из провяленной массы злаково-бобовой травосмеси при использовании биологического и химического консервантов. *Аграрный вестник Северного Кавказа.* 2025;15(3):51-65. https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-3-51-65 EDN YJMZHJ

ПОСТУПИЛА: 24.05.2025
ДОРАБОТАНА: 03.09.2025
ПРИНЯТА: 05.09.2025

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ:
авторы сообщают об отсутствии конфликта интересов.

ФИНАНСИРОВАНИЕ:
Работа выполнялась в рамках Госзадания НИР по теме FGGW-2022-0009: «Изучить факторы, определяющие аэробную стабильность силоса из кукурузы и провяленных трав; разработать способы ее повышения за счет использования препаратов, созданных на основе гомо- и гетероферментативных штаммов молочнокислых бактерий».

АННОТАЦИЯ

ВВЕДЕНИЕ. Приготовление консервированных кормов (силос, сенаж, силаж) является основным способом заготовки влажных кормовых культур, который основан на процессах естественной микробной ферментации в анаэробных условиях. Необходимым условием получения качественного корма с высокими показателями питательности и отсутствием нежелательных микроорганизмов, вызывающих порчу и являющихся источником инфекции животных и человека, является применение препаратов, способных оптимизировать процессы ферментации и регулировать численность и состав микробного сообщества консервируемой растительной массы.

ЦЕЛЬ. Изучить влияние консервантов различной природы на микробиоту силоса из слабопровяленной злаково-бобовой травосмеси при ферментации и аэрации при использовании.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Объектом исследований служили образцы силоса из злаково-бобовой травосмеси, провяленной до влажности 73,4 %. Для заготовки кормов использовали биологический консервант Биотроф АС (ООО «БИОТРОФ») и новый химический консервант ВИК ЗЦ (патентообладатель ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса). Опытные варианты травосмеси консервировали в чистом виде и с добавлением почвы для создания модели «полевых» условий контаминации при заготовке кормов. Биохимические показатели питательности, количество бактерий и дрожжей определяли после 30 суток ферментации растительной массы, а также после 7 суток аэрации готового силоса.

РЕЗУЛЬТАТЫ. Установлено позитивное влияние применения консервантов на микробиоту силоса, в том числе на фоне контаминации почвой и при длительной аэрации. Основной эффект химического препарата ВИК ЗЦ связан с подавлением численности практически всех исследуемых микроорганизмов в силосуемой массе, а биопрепарата Биотроф АС – со стимуляцией развития лактобацилл, улучшающих силосуемость растений и ингибирующих рост нежелательной микробиоты. Оба препарата оказывали положительное влияние на накопление молочной кислоты в корме, уровень его подкисления, что способствовало снижению потерь питательных веществ в период ферментации и при длительном хранении в условиях доступа кислорода.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. На основании результатов исследования микробиоты силоса из слабопровяленной злаково-бобовой травосмеси можно заключить, что биологический и химический консерванты улучшают ферментацию, сохранность питательных веществ и аэробную стабильность корма после вскрытия хранилищ.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: злаково-бобовая травосмесь, силос, биологические и химические консерванты, аэробная стабильность

Research article

https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-3-51-65

Analysis of the Microbial Community in Forage from Wilted Grass-Legume Mixture Silage Treated with Biological and Chemical Preservatives

CORRESPONDENCE:
Larisa A. Ilina
E-mail: ilina@biotrof.ru

FOR CITATION:
Ilina L.A., Klimenko V.P., Abramyan A.S., Malyarenko S.A., Miyuts Z.K. Analysis of the Microbial Community of Feed From Dried Mass of Cereal-Legume Grass Mixture Using Biological and Chemical Preservatives. *Agrarian Bulletin of the North Caucasus.* 2025;15(3):51-65. https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-3-51-65 EDN YJMZHJ

RECEIVED: 24.05.2025
REVISED: 03.09.2025
ACCEPTED: 05.09.2025

DECLARATION OF COMPETING INTEREST:
none declared.

FUNDING:
This study was implemented in the framework of the state task (project FGGW-2022-0009): «To investigate the factors, that determine aerobic stability of corn and wilted grass silage; to develop the approaches of it's increasing with application the biological preservatives on the base of homo- and hetero-fermentative lactic acid bacteria strains».

Larisa A. Ilina ✉ [1,2], Vladimir P. Klimenko [3], Anton S. Abramyan [3], Svetlana A. Malyarenko [3], Zoya K. Miyuts [3]

[1] LLC «BIOTROF», Saint Petersburg, Russia

[2] Saint Petersburg State Agrarian University, Saint Petersburg, Russia

[3] Federal Williams Research Center of Forage Production & Agroecology, Lobnya, Moscow region, Russia

ABSTRACT

INTRODUCTION. The production of preserved feeds (silage, haylage) represents the primary method for conserving high-moisture forage crops, based on natural microbial fermentation processes under anaerobic conditions. The use of specialized additives capable of optimizing fermentation processes and regulating the microbial community composition in preserved plant material is essential for obtaining high-quality feed with optimal nutritional value and absence of undesirable microorganisms that cause spoilage and may serve as sources of infection for both animals and humans.

AIM. To study the effect of biological and chemical preservatives on silage microbiota from wilted cereal-legume grass mixture during fermentation and aerobic storage.

MATERIALS AND METHODS. The study utilized silage samples prepared from grass-legume mixtures wilted to 73.4 % moisture content. A biological preservative Biotrof AC and a novel chemical preservative VIK 3C were employed. Experimental variants of the grass mixture were preserved in pure form and with the addition of soil to create a model of «field» contamination conditions during forage preparation. Biochemical nutritional parameters, the number of bacteria and yeast were determined in the silage after 30 days of fermentation, as well as after 7 days of forage aeration.

RESULTS. A positive effect of the use of preservatives on the silage microbiota was established, including against the background of contamination and during long-term aeration. The main effect of the chemical preparation VIK 3C was associated with the suppression of the number of almost all microorganisms in silage. The biological preparation Biotrof AS was associated with the stimulation of Lactobacillus sp., which improve the silageability of plant and inhibit the growth of spoilage microbiota. Both preparations were contributed of lactic acid accumulation and the level of acidification in the feed. This led to a decrease in nutrient losses during the fermentation period and long-term storage with oxygen access.

CONCLUSIONS. The results of the study were shown positive effects of biological and chemical preservatives to improve fermentation, preservation of nutrients and aerobic stability feed.

KEYWORDS: cereal-legume grass mixture, silage, biological and chemical preservatives, aerobic stability

ВВЕДЕНИЕ

Основным условием приготовления высококачественных ферментируемых кормов для животных является обеспечение максимальной сохранности питательной ценности исходной растительной массы, что в значительной степени зависит от применяемой технологии ее консервирования [1–5]. Для объективной оценки и регулирования процессов ферментации при заготовке объемистых кормов необходимо изучать состав микробных сообществ разных видов растительного сырья и изменения, происходящие в зависимости от степени провяливания растений, срока и способа консервирования, контаминации массы в процессе уборки и загрузки в хранилища, применяемых биологических и химических консервантов [6–10].

Злаково-бобовая многолетняя травосмесь на текущий момент сравнительно мало изучена в качестве сырья для объемистых кормов. Сложность оценки пригодности массы для консервирования и прогноз его результатов обусловлены как особенностями химического состава трав различных семейств, так и многообразием их эпифитной микрофлоры [11–14]. Не случайно анализу микробиоценоза силосованных кормов постоянно уделяется большое внимание в работах отечественных и зарубежных исследователей [13–17]. Использование современных методов молекулярно-генетического анализа, таких как T-RFLP-анализ (terminal restriction fragment length polymorphism), количественная ПЦР (polymerase chain reaction), открывает большие возможности для оценки на уровне ДНК отдельных микроорганизмов в составе исходного сырья и готовых кормов [18–20].

Цель настоящих исследований заключалась в изучении изменений в микробиоте злаково-бобовой травосмеси при провяливании, ферментации и аэробном хранении полученного силоса при использовании консервантов различной природы.

В рамках исследований проведен анализ биохимических показателей качества корма и изменений в количестве различных видов бактерий и дрожжей на 30-е сутки хранения после начала ферментации при консервировании с биологическим препаратом Биотроф АС и химическим – ВИК ЗЦ. Установлено влияние препаратов на качество ферментированных кормов и их аэробную стабильность, а также на состав микробиоты при контаминации почвой исходной растительной массы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Работа выполнялась в Испытательном центре по оценке качества и стандартизации кормов ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса» (лаборатория консервирования и хранения кормов) и в молекулярно-генетической лаборатории ООО «БИОТРОФ» (Россия).

Материалы

Объектом исследований служили образцы силоса из злаково-бобовой травосмеси первого укоса, подвяленной до влажности 73,4 % (тимофеевка луговая ВИК 9 – 27,2 %, овсяница луговая Славянская – 26,8 %, люцерна изменчивая Таисия – 34 %) и убранной в период бутонизации бобового компонента. Указанные виды трав выращены в 2023 году на опытных полях ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса» (г. Лобня, Московская обл.).

Для заготовки силоса использовали биологический консервант Биотроф АС на основе бактерий *Lactobacillus plantarum* 60 + *Lactobacillus buchnery* 600 (ООО «БИОТРОФ») и новый химический консервант в стадии испытания ВИК ЗЦ на основе муравьиной кислоты (разработчик ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса», патент RU № 2822747; применяемая доза внесения 4 л/т).

Методы

Опыты по консервированию кормов в лабораторных и научно-производственных условиях (учет газов брожения, наблюдения за ферментацией и аэробной порчей при выемке) проводили согласно методике по консервированию и хранению кормов [21]. Биохимический состав растительной массы и кормов из нее определяли в соответствии с «Физико-химическими методами анализа кормов» [22].

Количество сахаров определяли по методу Бертрана, аммиака – по Лонги, содержание органических кислот (молочной, уксусной, масляной, янтарной) – методом капиллярного электрофореза (КАПЕЛЬ – 105М «Люмэкс», Россия), pH – с помощью потенциометра И – 500 500 («Аквилон», Россия).

Контроль степени контаминации растений почвой устанавливали в соответствии с «Методикой определения механических примесей и обсеменения микрофлорой в силосе и сенаже», ВИЖ, 2013 [23].

Анализ количества бактерий и дрожжей в образцах кормов проводили методом полимеразной цепной реакции в реальном времени (qPCR). Образцы кормов для исследований замораживали при –20 °С и транспортировали в лабораторию для дальнейшего анализа. Выделение тотальной ДНК из образцов кормов проводилось с использованием набора Genomic DNA Purification Kit («Thermo Fisher Scientific, Inc.», США) в соответствии с инструкциями производителя.

Количественную полимеразную цепную реакцию проводили на амплификаторе ДТ Lite-4 (ООО «НПО ДНК-Технология», Россия) с применением набора реагентов «для проведения ПЦР-РВ в присутствии интеркалирующего красителя EVA Green» (ЗАО «Синтол», Россия). Амплификацию проводили по следующему протоколу: начальная денатурация при 95 °С в течение 3 мин (1 цикл), затем 40 циклов, включающих денатурацию при 95 °С в течение 1 мин, отжиг при 57,6 °С в течение 1 мин и элонгацию при 72 °С в течение 1 мин, с завершающей элонгацией при 72 °С в течение 5 мин (1 цикл). Последовательности использованных праймеров (5'-3') для детекции бактерий и дрожжей представлены в таблице 1. Подбор праймеров осуществлялся с использованием базы данных NCBI (https://www.ncbi.nlm.nih.gov).

Таблица 1
Последовательности праймеров для анализа микроорганизмов

Table 1
Primers for detection microorganisms

Микроорганизм	Последовательности олигонуклеотидов
Бактерии	
Lactobacillus	5'- AGCAGTAGGGAATCTTCCA-3' 5'-CACCGCTACACATGGAG-3'
Megasphaera, Veillonella и Dialister	5'-GATGGGGACAACAGCTGGA-3' 5'-GACTCTGTTTTTGGGG-3'
Lachnobacterium и Clostridium	5'-GTGAAATGCGTAGAGATTAGGAA-3' 5'-GATYYGCGATTACTAGYAACTC-3'
Prevotella и Porphyromonas	5'-GAGTACGCCGGCAACGGTGA-3' 5'-TCACCGTTGCCGGCGTACTC-3'
Peptostreptococcus	5'-AGAGTTTGATCMTGGCTCAG-3' 5'-ACGGGCGGTGTGTRC-3'
Eubacterium	5'-TCCCTTACTAGGCACCCA-3' 5'-AGGGAAUGAUCCGUGGGU-3'

Продолжение

Микроорганизм	Последовательности олигонуклеотидов
Enterobacteriaceae	5'-CATTGACGTTACCCGCAGAAGAAGC -3' 5'-CTCTACGAGACTCAAGCTTGC-3'
Дрожжи	
Saccharomyces cerevisiae	5'-ATCGAATTTTTGAACGCACATTG-3' 5'-CGCAGAGAAACCTCTCTTTGGA-3'
Hansenia sporauvarum	5'-ATCGAATTTTTGAACGCACATTG-3' 5'-AACCCTGAGTATCGCCCACA-3'
Metschnikowia pulcherrima	5'-AGACACTTAACTGGGCCAGC-3' 5'-GGGGTGGTGTGGAAGTAAGG-3'
Cryptococcusneoformans	5'-ATTGCGTCCAAGGTGTTGTTG-3' 5'-ATTGCGTCCATCCAACCGTTATC-3'
Debaryomyces hansenii	5'-TCCTTCTTGGTTGGGTTCCT-3' 5'-GGTCCCAACAGCTATGCTCT-3'

Процедура исследования

Для приготовления силоса подвяленную до содержания сухого вещества 26,6 % и измельченную на отрезки до 15–20 мм злаково-бобовую травосмесь закладывали в герметичные стеклянные емкости на 500 см^3, оборудованные устройством для сбора газов брожения, и закрывали для создания анаэробных условий. Опыт проводили в 3 повторностях: 1-й вариант (без консервантов); 2-й вариант (консервант Биотроф АС – 20 мл/т); 3-й вариант (консервант Биотроф АС – 20 мл/т, контаминация почвой); 4-й вариант (консервант ВИК ЗЦ – 4 л/т); 5-й вариант (консервант ВИК ЗЦ – 4 л/т, контаминация почвой). Почву вносили в травосмесь вручную в объеме 4 % по сухому веществу растительной массы, что соответствует 11–14 % сырой золы в СВ кормов [39, методика].

Образцы силоса хранили в течение 30 суток при комнатной температуре, после чего отбирали пробы на анализ биохимических и микробиологических показателей. Затем варианты 1, 2 и 4 подвергали аэрации в течение 7 суток на приборе ООО «Смарт-биосистемы», фиксирующем термодатчиками изменения температуры в корме в режиме постоянной записи с передачей на компьютер для определения аэробной стабильности готового корма. По истечении срока аэрации образцы повторно исследовали на биохимические и микробиологические показатели.

Анализ данных

Статистическая обработка проведена с использованием t-критерия Стьюдента. Достоверными считали результаты при P≤0,05. Результаты исследований

в таблицах представлены в формате «среднее значение ± стандартная ошибка среднего» (Mean ± SEM).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Биохимические показатели качества готового силоса на 30-е сутки после хранения в анаэробных условиях и образцов спустя 7 суток аэрации представлены в таблице 2. Результаты показали, что применение обоих испытываемых препаратов для консервирования подвяленной злаково-бобовой смеси привело к улучшению качественных показателей корма по сравнению с контрольным вариантом без добавок.

Процесс сохранения питательных веществ и энергии при консервировании кормов (силос, силаж) основывается на быстром снижении pH в ходе ферментации. Нами отмечено, что использование препаратов на 30-е сутки хранения в анаэробных условиях приводило к снижению уровня pH до 4,01–4,02 против 6,13 в корме без добавок (P≤0,05). При обработке растительной массы биологическим консервантом Биотроф АС в готовом силосе наблюдалось достоверно более высокое количество молочной кислоты – в 11,8 раза (P≤0,05), при использовании химического консерванта ВИК 3Ц – в 8,8 раза (P≤0,05) больше по сравнению с контрольным вариантом без препаратов. Наблюдаемое усиление синтеза молочной кислоты в силосе под влиянием препаратов способствовало заметному ускорению подкисления растительной массы, на что указывает достоверное снижение выхода аммиака и газообразных продуктов. Сокращение распада питательных веществ до газообразных продуктов было достоверно ниже по сравнению с контролем – в 4,9 раза (P≤0,05) и 5,9 раза(P≤0,05), образование аммиака – в 5,5 раза (P≤0,05) и 3,8 раза

Таблица 2
Биохимические показатели качества силоса разных вариантов консервирования

Table 2
Biochemical parameters of the silage with different variants of preservation

Вариант	Кол-во выделенных газов, л/кг СВ	pH	Содержание в сухом веществе, %					
			Сахар	Аммиак	Органические кислоты			
					Молочная	Уксусная	Масляная	Янтарная
Спустя месяц после ферментации в анаэробных условиях								
Без добавок	41,24±0,57	6,13±0,06	0,73±0,08	0,83±0,04	1,68±0,10	1,69±0,09	4,32±0,13	2,67±0,30
С Биотроф АС	8,45±0,84[a]	4,02±0,02[a]	1,68±0,04[a]	0,15±0,03[a]	19,87±1,29[a]	1,44±0,14	0,01±0,02	0,46±0,04[a]
С Биотроф АС + почва	15,59±1,30[ac]	4,14±0,02[a]	0,59±0,01[ac]	0,23±0,02[a]	16,96±1,58[a]	1,34±0,13	0,38±0,08[a]	0,63±0,08[a]
С ВИК 3Ц	6,95±0,96[a]	4,01±0,01[a]	2,31±0,03[ad]	0,22±0,06[a]	14,86±1,19[a]	1,41±0,20	0,14±0,06[a]	0,18±0,09[ad]
С ВИК 3Ц + почва	10,49±4,49[a]	4,35±0,12[a]	1,38±0,03[acd]	0,21+0,01[a]	13,45±0,74[a]	1,16±0,11[a]	0,41±0,03[ac]	0,44±0,03[a]
Спустя 7 суток аэрации								
Без добавок	–	5,87±0,01[b]	0,36±0,05[b]	0,97±0,02	–	2,39±0,08[b]	3,75±0,19	2,87±0,06
С Биотроф АС	–	4,09±0,02[a]	0,39±0,01[b]	0,19±0,02	13,18±1,33[b]	2,01±0,12	0,28±0,04	0,34±0,05[a]
С ВИК 3Ц	–	4,03±0,01[a]	1,91±0,07[bd]	0,23±0,03	13,84±0,63	1,14±0,05[d]	–	0,27±0,01[a]

Примечание:

[a] – разница достоверна по отношению к контролю в пределах указанной даты эксперимента, P≤0,05.
[b] – разница достоверна по отношению к аналогичному варианту на 30-е сутки ферментации в анаэробных условиях, P≤0,05.
[c] – разница достоверна по отношению к образцу без контаминации, P≤0,05.
[d] – разница достоверна по отношению к образцу Биотроф АС, P≤0,05.

Note:

[a] – the difference is significant in relation to the control within the specified date of the experiment, P≤0,05.
[b] – the difference is significant in relation to a similar variant on the 30th day of fermentation under anaerobic conditions, P≤0,05.
[c] – the difference is significant in relation to the sample without contamination, P≤0,05.
[d] – the difference is significant in relation to the Biotrof AC sample, P≤0,05.

(P≤0,05) при использовании биологического и химического консервантов соответственно.

Выявленное уменьшение потерь питательных веществ в опытных вариантах силоса под действием консервантов обеспечило повышение сохраненности сахаров по сравнению с контролем. Количество сахаров достоверно превышало показатели контрольного варианта в 2,3 раза (P≤0,05) при использовании биологического консерванта и в 3,2 раза (P≤0,05) – с химическим консервантом.

Полученные данные свидетельствуют об оптимизации процессов брожения при консервировании корма под действием препаратов, связанных с образованием в силосе более высокого количества молочной кислоты при снижении количества других – уксусной, масляной и янтарной. Так, было выявлено, что при использовании биологического консерванта Биотроф АС масляная кислота не образовывалась, в варианте с добавлением химического препарата ВИК ЗЦ ее доля была незначительной, тогда как в контрольном варианте ее количество достигало высоких значений 4,32±0,13 %.

Контаминация растительной массы почвой оказывала отрицательное влияние на все изучаемые биохимические показатели качества корма. В частности, в опытных вариантах с применением консервантов, загрязненных почвой, значительно возрастало газовыделение, на 51–84 %, повышался уровень pH – на 0,1–0,3 ед., возрастал расход сахаров и накопление масляной кислоты. В целом, загрязнение растительной массы почвой приводило к снижению положительного влияния вносимых консервантов. В то же время следует отметить и некоторые особенности влияния контаминации на показатели качества готового корма в зависимости от используемого препарата. В частности, на фоне применения биологического консерванта Биотроф АС показатели уровня pH корма и содержания в нем молочной кислоты были близки к оптимальным по сравнению с силосом, заготовленным с химическим консервантом. Между тем в варианте с ВИК ЗЦ на фоне контаминации почвой расход сахаров был менее заметным по сравнению с другим опытным вариантом.

Как было выявлено в ходе второго этапа опыта, направленного на изучение действия препаратов в течение 7-суточного хранения силоса при доступе воздуха, отмечена его высокая устойчивость к аэробной порче. Очевидно, оптимизация брожения за счет использования обоих консервантов способствовала высокой аэробной устойчивости готового корма. В частности, по истечении 7 суток хранения при доступе воздуха в опытных вариантах силоса не определено существенных изменений в уровне pH и концентрации органических кислот, а также не установлено усиление газообразования и повышение количества аммиака. Уровень pH был в пределах 4,03 и 4,09 в опытных вариантах, тогда как в контроле достигал 5,87 (P≤0,05). При этом корм с использованием биологического консерванта содержал достоверно большее количество уксусной кислоты после аэрации (P≤0,05), нежели вариант с ВИК ЗЦ.

В таблице 3 представлены результаты изменения количества различных бактерий и дрожжей через месяц ферментации и хранения силоса в анаэробных условиях, а также после 7-суточного хранения открытым на воздухе.

В результате исследования бактериального состава готового силоса через месяц после начала ферментации выявлен положительный эффект действия консервантов на количество и состав микробиоты. В образцах контрольного варианта и корма с биоконсервантом Биотроф АС обнаружено высокое количество бактерий рода *Lactobacillus*, которые синтезируют молочную кислоту, обладающую консервирующим действием, тогда как в варианте с химическим консервантом ВИК ЗЦ лактобактерии не выявлялись.

Применение биологического препарата привело к сокращению количества микроорганизмов, ухудшающих качество готового корма за счет деструкции углеводов, протеина и других питательных веществ, в т. ч. эубактерий рода *Eubacterium,* в 39,5 раза (P≤0,05), энтеробактерий семейства *Enterobacteriaceae* – в 12,8 раза (P≤0,05), относительно их содержания в контрольном варианте. Бактерии рода *Peptostreptococcus* и клостридии родов *Clostridium* и *Lachnobacterium* при использовании консерванта Биотроф АС в силосе не выявлялись.

Использование химического препарата ВИК ЗЦ при консервировании травосмеси оказало ингибирующее действие на жизнедеятельность микробиоты корма, которое выражалось в угнетении развития практически всех исследуемых микроорганизмов, в т. ч. лактобактерий, в сравнении с контрольным вариантом.

Таблица 3
Количество микроорганизмов в силосе по результатам количественной ПЦР (геномов/г)

Table 3
Number of microorganisms in silage using qPCR (genomes/g)

Микроорганизмы	Через месяц ферментации в анаэробных условиях					Через 7 суток аэрации		
	Силос без добавок	Силос с Биотроф АС	Силос с Биотроф АС (контаминация)	Силос с химпрепаратом ВИК ЗЦ	Силос с химпрепаратом ВИК ЗЦ (контаминация)	Силос без добавок, 7 суток аэрации	Силос с Биотроф АС, 7 суток аэрации	Силос с химпрепаратом ВИК ЗЦ, 7 суток аэрации
Бактерии								
Lactobacillus sp.	$7{,}9\times10^4\pm4{,}1\times10^3$	$7{,}8\times10^4\pm2{,}8\times10^3$	$3{,}2\times10^4\pm1{,}9\times10^{3a}$	–	$5{,}0\times10^3\pm2{,}1\times10^{3a}$	–	$6{,}0\times10^3\pm1{,}0\times10^{3b}$	$5{,}0\times10^3\pm1{,}1\times10^3$
Peptostrepto–coccus sp.	$2{,}5\times10^3\pm1{,}5\times10^3$	–	$2{,}0\times10^3\pm1{,}0\times10^3$	–	$2{,}0\times10^3\pm1{,}1\times10^3$	$1{,}3\times10^3\pm1{,}0\times10^3$	$1{,}5\times10^3\pm1{,}1\times10^3$	–
Prevotella sp. *Porphyro–monas* sp.	$1{,}0\times10^3\pm1{,}0\times10^3$	$1{,}6\times10^3\pm1{,}2\times10^3$	$1{,}0\times10^3\pm1{,}3\times10^3$	–	$1{,}0\times10^3\pm1{,}0\times10^3$	–	–	–
Eubacterium sp.	$7{,}9\times10^4\pm4{,}0\times10^3$	$2{,}0\times10^3\pm1{,}5\times10^{3a}$	$1{,}6\times10^4\pm7{,}3\times10^{3a}$	–	$5{,}0\times10^3\pm2{,}2\times10^{3a}$	–	–	–
Clostridium sp., *Lachno–bacterium* sp.	$2{,}5\times10^5\pm1{,}7\times10^4$	–	$1{,}6\times10^4\pm5{,}1\times10^{3a}$	–	$6{,}3\times10^3\pm1{,}9\times10^{3a}$	–	–	–
Megasphaera sp., *Veillonella* sp., *Dialister* sp.	–	–	$6{,}3\times10^4\pm3{,}1\times10^3$	–	$6{,}3\times10^3\pm1{,}7\times10^{3a}$	–	–	–
Entero–bacteriaceae	$3{,}2\times10^6\pm6{,}5\times10^5$	$2{,}5\times10^5\pm8{,}9\times10^{3a}$	$4{,}0\times10^6\pm6{,}7\times10^{4c}$	$3{,}2\times10^4\pm2{,}2\times10^{3ad}$	$4{,}0\times10^6\pm1{,}6\times10^{5c}$	$5{,}0\times10^4\pm2{,}2\times10^3$	$5{,}1\times10^4\pm4{,}8\times10^{3b}$	$2{,}5\times10^5\pm1{,}5\times10^{4abd}$
Дрожжи								
Candida sp.	$1{,}3\times10^4\pm3{,}7\times10^3$	$4{,}3\times10^3\pm1{,}8\times10^3$	$6{,}0\times10^3\pm2{,}1\times10^3$	$3{,}2\times10^3\pm1{,}1\times10^3$	$7{,}9\times10^3\pm4{,}1\times10^3$	$5{,}0\times10^3\pm3{,}5\times10^{3b}$	$4{,}2\times10^3\pm1{,}4\times10^3$	–
Debaryomyces hansenii	$2{,}3\times10^4\pm5{,}1\times10^3$	$1{,}1\times10^3\pm1{,}0\times10^{3a}$	–	–	–	$3{,}1\times10^4\pm7{,}1\times10^3$	–	–
Cryptococcusne-oformans	$2{,}9\times10^4\pm5{,}5\times10^3$	$1{,}9\times10^4\pm6{,}2\times10^3$	$2{,}3\times10^3\pm1{,}3\times10^{3a}$	–	$2{,}7\times10^4\pm6{,}1\times10^3$	$6{,}3\times10^4\pm2{,}9\times10^3$	–	$1{,}3\times10^4\pm7{,}2\times10^3$
Saccharomyces cerevisiae	$2{,}1\times10^4\pm7{,}2\times10^3$	$1{,}4\times10^4\pm1{,}9\times10^3$	$1{,}7\times10^4\pm3{,}9\times10^3$	$3{,}9\times10^4\pm7{,}1\times10^3$	$4{,}1\times10^3\pm1{,}4\times10^{3ac}$	$4{,}9\times10^3\pm1{,}1\times10^3$	$5{,}0\times10^3\pm1{,}2\times10^{3b}$	$2{,}1\times10^4\pm1{,}9\times10^{3a}$
Hansenia sporauvarum	$2{,}7\times10^3\pm1{,}1\times10^3$	$1{,}7\times10^3\pm1{,}5\times10^3$	$1{,}0\times\pm1{,}2\times10^3$	$1{,}1\times10^3\pm1{,}0\times10^3$	$3{,}1\times10^4\pm1{,}3\times10^{4a}$	$1{,}9\times10^3\pm1{,}1\times10^3$	$2{,}9\times10^3\pm1{,}4\times10^3$	–
Metschnikowia pulcherrima	$1{,}7\times10^4\pm6{,}6\times10^3$	$1{,}8\times10^4\pm5{,}7\times10^3$	$1{,}6\times104\pm9{,}1\times10^3$	$3{,}0\times10^4\pm1{,}4\times10^4$	$2{,}1\times10^4\pm6{,}1\times10^3$	$1{,}8\times10^4\pm8{,}1\times10^3$	$1{,}2\times10^4\pm1{,}8\times10^3$	$2{,}1\times10^4\pm5{,}5\times10^3$

Примечание:
[a] – разница достоверна по отношению к контролю в пределах указанной даты эксперимента, P≤0,05.
[b] – разница достоверна по отношению к аналогичному варианту на 30-е сутки ферментации в анаэробных условиях, P≤0,05.
[c] – разница достоверна по отношению к образцу без контаминации, P≤0,05.
[d] – разница достоверна по отношению к образцу Биотроф АС, P≤0,05.

Note:
[a] – the difference is significant in relation to the control within the specified date of the experiment, P≤0,05.
[b] – the difference is significant in relation to a similar variant on the 30th day of fermentation under anaerobic conditions, P≤0,05.
[c] – the difference is significant in relation to the sample without contamination, P≤0,05.
[d] – the difference is significant in relation to the Biotrof AC sample, P≤0,05.

Положительное действие консервантов при контаминации растительной массы почвой было связано с отсутствием активного роста численности нежелательных микроорганизмов в готовых кормах. Доминирующими представителями микробиоты силоса при использовании биологического препарата Биотроф АС были лактобактерии, тогда как количество нежелательных микроорганизмов, снижающих питательные качества корма, родов *Peptostreptococcus, Prevotella, Porphyromonas, Eubacterium* (P≤0,05)*, Clostridium* (P≤0,05)*, Lachnobacterium*, было существенно ниже. В силосе, приготовленном с химическим консервантом ВИК ЗЦ, при контаминации почвой обнаружено количество лактобактерий, сопоставимое с другими микроорганизмами. Контаминация растительной массы привела к накоплению в кормах энтеробактерий, доля которых в опытных вариантах не превышала аналогичные показатели в контроле (без применения консервантов).

Судя по результатам микробиологического анализа, аэробная стабильность готового силоса была высокой. В частности, по истечении срока аэрации в опытных вариантах выявлены лактобактерии при практически полном отсутствии микроорганизмов, ухудшающих питательность корма за счет деструкции питательных веществ. В то же время в период аэробного хранения отмечено некоторое возрастание численности энтеробактерий в силосе, для заготовки которого применяли химический консервант.

Из приведенных в таблице 3 данных следует, что в процессе анаэробного хранения силоса численность некоторых исследуемых видов дрожжей снизилась под влиянием препаратов по сравнению с их содержанием в контрольном варианте. Внесение биологического консерванта Биотроф АС приводило к сокращению содержания дрожжей рода *Candida* – в 3, *Debaryomyces hansenii* – в 21 (P≤0,05), *Cryptococcus neoformans, Saccharomyces cerevisiae* и *Hansenia sporauvarum* – в 1,5–1,6 раза. Использование химического консерванта на фоне силосования без добавок способствовало снижению представленности рода *Candida* – в 4, *Debaryomyces hansenii* – в 24,5 раза, *Debaryomyces hansenii*, *Cryptococcus neoformans* – до уровня ниже предела достоверного определения численности методом ПЦР, а количество дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* и *Hansenia sporauvarum*, напротив, несколько возросло. При этом содержание дрожжей в силосе, приготовленном с консервантами, на фоне контаминации растительной массы почвой, а также в ходе аэробного хранения практически не повышалось, что указывает на высокую стабильность готового корма и, вероятно, обусловлено процессами ферментации, обеспечивающими быстрое подкисление за счет образования большого количества молочной кислоты. Так, в период аэробного хранения силоса из злаково-бобовой массы препарат Биотроф АС способствовал снижению численности дрожжей родов *D. hansenii, C. gattii*, ВИК ЗЦ – родов *Candida, D. hansenii* и *H. uvarum* (P≤0,05).

ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты наших исследований показали, что применение препаратов Биотроф АС и ВИК ЗЦ для консервирования подвяленной злаково-бобовой травосмеси обеспечивает получение высококачественного силоса, в том числе на фоне искусственной контаминации почвой, а также при длительном аэробном воздействии. Бактериальный и химический препараты способствовали улучшению молочнокислого брожения, усилению подкисления растительной массы, что создавало условия для сокращения газообразования, а также накопления в кормах аммиака.

Количество масляной кислоты в силосе с консервантами было достоверно ниже по сравнению с кормом без добавления препаратов. Известно, что потребление высоких концентраций масляной кислоты (более 50–100 г/сут) может стать причиной кетоза у дойных коров. Корма с высокой концентрацией данного компонента преимущественно имеют низкую энергетическую ценность, что негативно влияет на продуктивность животных [24]. Тем не менее сообщалось, что консервированные корма с наличием масляной кислоты более стабильны при контакте с воздухом, поскольку она активно подавляет микромицеты и дрожжи [25].

Основными продуцентами масляной кислоты в консервированных кормах являются представители родов *Clostridium, Lachnobacterium, Peptostreptococcus, Megasphaera*, *Veillonella*, *Dialister.* Присутствие в корме клостридий вызывает серьезные опасения у специалистов в связи с проблемой развития у животных инфекций, обусловленных микроорганизмами *C. perfringens, C. botulinum, C. chauvoei, C. septicum, C. oedematiens, C. tetani, C. sordellii,* которые синтезируют ряд опасных токсинов, вызывающих интоксикацию организма, нередко с летальным ис-

ходом [26]. Также крупный рогатый скот считается важным резервуаром патогенных бактерий семейства *Enterobacteriaceae,* в т. ч. кишечной палочки серотипа O157, которые могут бессимптомно присутствовать в желудочно-кишечном тракте и периодически выделяться с фекалиями [27], впоследствии обсеменяя сельскохозяйственные культуры. Следовательно, консервированные корма для скота могут быть источником возбудителей инфекций на ферме [25; 26]. При этом клостридии и энтеробактерии являются инициаторами вторичной ферментации корма, а дрожжи вызывают его разогревание при открытии траншей.

В нашем исследовании представленность клостридий, энтеробактерий и других видов, приводящих к порче кормов, существенно снижалась при использовании консервантов как в анаэробных, так и в аэробных условиях, что, вероятно, можно объяснить оптимизацией процессов брожения под воздействием биопрепаратов. В частности, применение закваски Биотроф АС приводило к накоплению лактобактерий, которые являются продуцентами молочной кислоты, обладающей высоким консервирующим эффектом. Также известно, что некоторые виды лактобацилл способны синтезировать антимикробные пептиды с высоким антимикробным эффектом против различных бактерий, грибов, паразитов, вирусов и даже против естественных резистентных структур, таких, как бактериальные биопленки [28]. Механизм действия бактериоцинов зависит от их первичной структуры. Некоторые из них могут воздействовать на цитоплазматическую мембрану, высвобождая соединения, жизненно важные для восприимчивых бактерий (лизис клеток), другие могут проникать в цитоплазму и влиять на экспрессию генов и синтез белка [29].

Антимикробные свойства препарата ВИК ЗЦ обусловлены, прежде всего, муравьиной кислотой, содержащейся в его составе. Ранее было показано, что муравьиная кислота использовалась в качестве ингибитора ферментации благодаря своей способности быстро снижать pH растительной массы и подавлять развитие нежелательной микробиоты, вызывающей порчу (энтеробактерии, бактероиды). Это создает оптимальные условия для ускоренного роста молочнокислых бактерий и повышения сохранности силоса [30]. Цзян с соавторами обнаружили, что обработка цельных растений кукурузы муравьиной, уксусной кислотами и сорбатом калия в соотношении 7:1:2 (6 л/т) приводила к повышению в силосе количества молочной кислоты и снижению численности нежелательных микроорганизмов, в т. ч. бактерий родов *Klebsiella, Paenibacillus* и *Enterobacter* [31].

Оценивая потенциальные механизмы антимикробного воздействия препаратов, которые были использованы в нашем исследовании, следует отметить некоторые различия в действии биологического и химического консервантов. По мнению МакДоналда, препараты для заготовки кормов можно в целом разделить на препараты, стимулирующие и ингибирующие ферментацию [32]. В нашем случае использование препарата ВИК ЗЦ приводило к подавлению численности практически всех исследуемых микроорганизмов, тогда как биологический препарат Биотроф АС стимулировал размножение лактобактерий, ингибирующих развитие нежелательных видов. Вместе с тем наш эксперимент показал, что применение обоих препаратов привело к снижению численности некоторых видов бактерий и дрожжей, вызывающих порчу консервированных кормов как в процессе ферментации, так и при последующей аэрации на протяжении 7 суток. Это свидетельствует о том, что оба препарата могут быть использованы для получения качественных кормов из подвяленной злаково-бобовой травосмеси, для повышения их питательной ценности и защиты от аэробной порчи.

В проведенном исследовании были выявлены особенности влияния исследуемых препаратов на некоторые виды дрожжей при ферментации силоса и при его аэрации. Так, отмечено активное увеличение численности дрожжей видов *D. hansenii, S. cerevisiae*, *C. stellata и C. gattii* при контаминации растительной массы почвой. Как правило, на практике контаминация происходит при низком скашивании травостоев (менее 6 см) и подборе скошенной массы из валков. Сообщалось, что корма обычно заражаются патогенами при внесении на поля навоза в качестве удобрения или вследствие переноса через почву во время сбора урожая [33]. Тем не менее информация о присутствии дрожжей в консервированных кормах из различных культур является недостаточной, фрагментарной и неоднозначной.

Так, ранее дрожжи вида *C. gattii* выявлялись в таких объектах, как разлагающиеся растительные материалы, помет птиц [34]. Известно, что благодаря меланину, синтезируемому в клетках данных микроорганизмов, указанные виды способны выживать при неблагоприятных условиях [35]. Для дрожжей

вида *D. hansenii* также показана способность к экстремальному выживанию, например, при обработке NaCl 10 %-ной концентрации [36]. Некоторые виды дрожжей, в частности рода *Candida* и вида *D. Hansenii*, способные использовать молочную кислоту и синтезировать аммиак, также служат инициаторами аэробной порчи кормов [37].

Вопросы сохранения качества ферментируемых кормов вызывают широкий интерес у специалистов. При доступе воздуха микроорганизмы, особенно некоторые виды дрожжей с высокой устойчивостью к низкому уровню pH, начинают активно размножаться в корме, что приводит к потерям питательных веществ, образованию токсинов и порче [38]. В наших экспериментах по истечении 7 суток аэрации корма выявлено, что применение как бактериального, так и химического консерванта приводило к сдерживанию роста нежелательных бактерий и дрожжей, очевидно, за счет высокого количества молочной кислоты. Интересно, что в силосе с химическим консервантом на фоне 7-суточной аэрации количество уксусной кислоты было достоверно ниже ($P \leq 0,05$), чем в других вариантах. Ранее сообщалось [39], что уксусная кислота обладает более высокой, чем у лактата, константой диссоциации (pKa), благодаря чему имеет более выраженные консервирующие свойства. Сообщалось, что некоторые штаммы лактобактерий способны часть молочной кислоты преобразовывать в другие кислоты (например, пропионовую и уксусную). Это согласуется с полученными нами данными о более высокой устойчивости корма к воздействию дрожжей при аэрации (в частности, видов *Saccharomyces cerevisiae, Metschnikowia pulcherrima. Cryptococcus neoformans)* в случае применения для силосования биологического препарата. Менее выраженный эффект химического консерванта в данном случае может быть связан с защитной реакцией некоторых микроорганизмов в ответ на агрессивное воздействие муравьиной кислоты. Так, ранее аналогичный эффект выявлен для микромицетов, активно продуцирующих микотоксины в ответ на химические соединения [40]. В результате нашей работы не подтвердилось мнение исследователей [41] об обеспечении более надежной аэробной стабильности силоса за счет использования химических консервантов по сравнению с биологическими. В наших опытах применение биологического препарата Биотроф АС способствовало высокой аэробной устойчивости полученного корма, о чем свидетельствуют показатели питательности и результаты анализа методом количественной ПЦР численности некоторых видов бактерий и дрожжей.

Вместе с тем механизмы, предотвращающие аэробную порчу, изучены недостаточно глубоко. Поскольку в процессе консервирования растений задействовано множество микроорганизмов с меняющимся количественным и качественным составом [42], на следующих этапах для оценки закономерностей их развития представляется перспективным привлечение таких методов, как секвенирование нового поколения (NGS), что позволит получить детальную и целостную картину изменений, происходящих при ферментации растительной массы, хранении и использовании готовых ферментированных кормов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований отмечены положительные изменения в составе и численности бактериального сообщества кормов под действием консервантов растительной массы. Так, в образцах силоса с биопрепаратом Биотроф АС выявлено повышение количества лактобацилл, улучшающих консервируемость массы. Биологический препарат Биотроф АС и химический консервант ВИК ЗЦ проявляли высокий антимикробный эффект в отношении нежелательных и патогенных видов бактерий в корме. Под действием консервантов в корме уровень бактерий родов *Peptostreptococcus, Clostridium и Lachnobacterium* существенно снижался – до п. д. о. (предела достоверного обнаружения 10^3 геномов/г). В силосе с биопрепаратом отмечено снижение количества эубактерий в 39,5, энтеробактерий – в 12,8, и грибков рода *Candida* – в 3 раза, по сравнению с образцом без внесения консервантов. При использовании химического консерванта ВИК ЗЦ снижение данных показателей было более значительным: энтеробактерий – в 100, дрожжей – в 4 раза, эубактерий – до п. д. о. Количество вида *Debaryomyces hansenii* снизилось в диапазоне от 21 раза (с внесением Биотроф АС) до п. д. о. (с ВИК ЗЦ).

На фоне контаминации корма почвой увеличивалось количество трех видов нежелательной и патогенной микрофлоры, особенно эубактерий, – с 7,9 x 10^4 до 1,0 x 10^5 геномов/г, при этом обнаружены конкуренты молочнокислых бактерий – лактат-утилизирующие бактерии родов *Megasphaera, Veillonella,*

Dialister. Добавление консервантов к контаминированной растительной массе обеспечило значительное снижение уровня нежелательной микрофлоры, но не оказало положительного влияния на общее количество дрожжей.

После 7 суток аэрации от момента вскрытия емкостей в силосе всех вариантов выявлено сниженное содержание представителей нормофлоры, нежелательной микрофлоры и патогенов (13 видов). Значительное снижение содержания наиболее встречаемых 6 видов дрожжей – с 1,1 x 10^5 до 6,8 x 10^4 геномов/г – произошло в варианте химического консервирования с ВИК 3Ц. Если в силосе без добавок произошло увеличение дрожжей видов *Debaryomyces hansenii* и *Cryptococcus neoformans,* то с применением консервантов в условиях аэрации количество этих видов дрожжей существенно снижалось, что привело к повышению аэробной стабильности корма при использовании.

В целом, результаты настоящего и ранее проведенных исследований показали эффективность биологического препарата Биотроф АС и нового химического консерванта ВИК 3Ц в качестве консервирующих добавок для приготовления силоса из слабопровяленной злаково-бобовой травосмеси. Установлено положительное влияние препаратов на процессы ферментации, сохранность питательных веществ корма при хранении, а также аэробную стабильность после вскрытия хранилищ.

Вклад авторов

Л. А. Ильина: проведение исследования, программное обеспечение, создание рукописи и ее редактирование.

В. П. Клименко: концептуализация, методология, ресурсы, руководство исследованием, создание рукописи и ее редактирование.

А. С. Абрамян: методология, формальный анализ, создание черновика рукописи.

С. А. Маляренко: проведение исследования, верификация данных.

З. К. Миюц: проведение исследования, формальный анализ, визуализация.

Contributions

L. A. Ilina: investigation, software, writing-review & editing.

V. P. Klimenko: conceptualization, methodology, resources, project administration, writing-review & editing.

A. S. Abramyan: methodology, formal analysis, writing-original draft.

S. A. Maliarenko: investigation, validation.

Z. K. Miyuts: investigation, formal analysis, visualization.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Абрамян А.С., Мишуров А.В. Влияние степени загрязнения силосуемой массы на ее биохимический и микробиологический состав. *Кормопроизводство*. 2009;(3):27-30.
   Abramyan A.S., Mishurov A.V. Effect of the Degree of Contamination of the Silaged Mass on its Biochemical and Microbiological Composition. *Forage production*. 2009;(3):27-30. (In Russ.).
2. Маркман И.Л., Лаптев Г.Ю., Йылдырым Е.А., Ильина Л.А. Биоконсервант – рекордсмен Биотроф 2+. *Животноводство России*. 2019;(4):30-32.
   Markman I.L., Laptev G.Yu., Yildirim E.A., Ilyina L.A. Biopreservative – Record Holder Biotrof 2+. *Animal Husbandry of Russia*. 2019;(4):30-32. (In Russ.).
3. Лаптев Г.Ю., Новикова Н.И., Биконя С.Н., Грудинина Т.Н. Быстрый старт – залог успешного силосования. *Животноводство России*. 2016;(4):65.
   Laptev G.Yu., Novikova N.I., Bikonya S.N., Grudinina T.N. Quick Start is the Key to Successful Ensiling. *Animal Husbandry of Russia*. 2016;(4):65. (In Russ.).
4. Мусин Р.Р., Тремасова А.М., Скворцов Е.В. Влияние комбинации гомоферментативных и гетероферментативных молочнокислых бактерий на качество силоса люцерны. *Вест-*

ник Алтайского государственного аграрного университета. 2022;(1):89-94. https://doi.org/10.53083/1996-4277-2022-207-1-89-94

Musin R.R., Tremasova A.M., Skvortsov E.V. Influence of a combination of Homofermentative and Heterofermentative Lactic Acid Bacteria on the Quality of Alfalfa Silage. *Bulletin of the Altai State Agrarian University*. 2022;(1):89-94. (In Russ.).

5. Гурдова Б.Ю. Бактериальная микрофлора при силосовании. *Проблемы современных интеграционных процессов и пути их решения : сборник статей по итогам Международной научно-практической конференции*. Тюмень, 4 декабря 2021 года. Стерлитамак : Общество с ограниченной ответственностью «Агентство международных исследований»; 2021;9-13.

   Gurdova B.Yu. Bacterial Microflora During Ensiling. *Problems of Modern Integration Processes and Ways to Solve Them : a Collection of Articles Following the Results of the International Scientific and Practical Conference*. Tyumen, December 4, 2021. Sterlitamak : Limited Liability Company «Agency for International Research»; 2021;9-13. (In Russ.).

6. Бондарев В.А., Клименко В.П. Перспективные направления исследований по разработке эффективных технологий приготовления высококачественных объемистых кормов. *Адаптивное кормопроизводство*. 2010;(1):35-42.

   Bondarev V.A., Klimenko V.P. Promising Research Areas for the Development of Efficient Technologies for the Preparation of High-Quality Bulk Feed. *Adaptive Forage Production*. 2010;(1):35-42. (In Russ.).

7. Буряков Н.П., Миронов М.М. Эффективность использования силоса, приготовленного с применением биоконсервантов. *Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство*. 2018;(4):38-53.

   Buryakov N.P., Mironov M.M. Efficiency of Using Silage Prepared with the use of Biopreservatives. *Feeding of Farm Animals and Forage Production*. 2018;(4):38-53. (In Russ.).

8. Косолапов В.М., Косолапова В.Г. Использование биоконсервантов при заготовке кормов с торфяных почв. *Региональные и проблемы природопользования : сборник трудов конференции.* Кирово-Чепецк : Кирово-Чепецкая типография; 1998;152-153.

   Kosolapov V.M., Kosolapova V.G. Use of Biopreservatives in Harvesting Forage from Peat Soils. *Regional and Environmental Issues : conference proceedings*. Kirovo-Chepetsk : Kirovo-Chepetsk Printing House; 1998;152-153. (In Russ.).

9. Кучин Н.Н., Мансуров А.П. Технологические особенности силосования многолетних бобовых трав. *Кормопроизводство.* 2017;(7):33-37.

   Kuchin N.N., Mansurov A.P. Technological Features of Ensiling Perennial Legumes. *Forage Production*. 2017;(7):33-37. (In Russ.).

10. Маслова О.А., Жужин М.С., Кучин Н.Н., Жирнов В.А. Технология заготовки сенажа в рулонах с использованием биологических и химических консервантов. *Аграрный научный журнал*. 2023;(4):130-136. https://doi.org/10.28983/asj.y2023i4

    Maslova O.A., Zhuzhin M.S., Kuchin N.N., Zhirnov V.A. Technology of Harvesting Silage in Rolls Using Biological and Chemical Preservatives. *Agrarian scientific journal*. 2023;(4):130-136. (In Russ.). https://doi.org/10.28983/asj.y2023i4

11. Марченко А.Ю., Быченко Н.В., Забашта Н.Н., Головко Е.Н. Биологические консерванты для заготовки объемистых кормов : *сборник научных трудов Краснодарского научного центра по зоотехнии и ветеринарии*. 2020;9(2);101-105. https://doi.org/10.34617/gny1-8z25

    Marchenko A.Yu., Bychenko N.V., Zabashta N.N., Golovko E.N. Biological Preservatives for Harvesting Bulk Forages. *Collection of scientific papers of the Krasnodar Scientific Center for Animal Science and Veterinary Medicine*. 2020;9(2);101-105. (In Russ.). https://doi.org/10.34617/gny1-8z25

12. Зафрен С.Я. Значение антибактериальных свойств сырья при силосовании кормов. *Микробиология кормов : труды совещания по микробиологии кормов.* Алма-Ата – 8–11 декабря 1959 г. Алма-Ата; 1961;38-49.

    Zafren S.Ya. The Importance of Antibacterial Properties of Raw Materials in Ensiling of Forages. *Microbiology of forages : Proceedings of the conference on microbiology of forages*. Alma-Ata. December 8–11, 1959. Alma-Ata; 1961;38-49. (In Russ.).

13. Hooker K., Forwood D.L., Caro E., Huo Y., Holman D.B., Chaves A.V., Meale S.J. Microbial Characterization and Fermentative Characteristics of Crop Maize Ensiled with Unsalable Vegetables. *Scientific Reports*. 2019;(9):13183. https://doi.org/10.1038/s41598-019-49608-w

14. Siezen R.J., van Hylckama Vlieg J.E. Genomic Diversity and Versatility of Lactobacillus Plantarum, a Natural Metabolic Engineer. *Microbial Cell Factories*. 2011;10(1):S3 https://doi.org/10.1186/1475-2859-10- s1-3
15. Абрамян А.С., Миюц З.К. Влияние контаминации исходной злаково-бобовой массы на качественные показатели готовых кормов. *Сборник статей по итогам XIV Международной конференции «Племенное животноводство, кормопроизводство и механизация сельского хозяйства в РФ»*. Тверь, Тверская ГСХА – 6 июня 2023 года. Тверь : Тверская ГСХА; 2023;216-218.

    Abramyan A.S., Miyuts Z.K. Effect of Contamination of the Initial Cereal-Legume Mass on the Quality Indicators of Finished Feed. *Collection of articles based on the results of the XIV International Conference «Breeding Livestock, Forage Production and Mechanization of Agriculture in the Russian Federation»*. Tver : Tver State Agricultural Academy, June 6, 2023. Tver : Tver State Agricultural Academy; 2023;216-218. (In Russ.).
16. Лаптев Г.Ю., Новикова Н.И., Ильина Л.А., Йылдырым Е.А., Солдатова В.В., Никонов И.Н., Филиппова В.А., Бражник Е.А, Соколова О.Н. Динамика накопления микотоксинов в силосе на разных этапах хранения. *Сельскохозяйственная биология.* 2014;49(6):123-130. https://doi.org/10.15389/agrobiology.2014.6.123

    Laptev G.Yu. Novikova N.I., Ilyina L.A. et al. Dynamics of Mycotoxin Accumulation in Silage at Different Stages of Storage. *Agricultural Biology*. 2014;49(6):123-130. (In Russ.) https://doi.org/10.15389/agrobiology.2014.6.123
17. Ерохина А.В., Сазонова И.А., Черных Т.Н. Оценка процесса брожения при силосовании кукурузы с применением биоконсервантов. *Орошаемое земледелие*. 2021;(3):35-37. https://doi.org/10.35809/2618-8279-2021-3-6

    Erokhina A.V., Sazonova I.A., Chernykh T.N. Evaluation of the Fermentation Process During Corn Ensiling Using Biopreservatives. *Irrigated Agriculture*. 2021;(3):35-37. (In Russ.). https://doi.org/10.35809/2618-8279-2021-3-6
18. Лаптев Г.Ю., Йылдырым Е.А., Ильина Л.А. Закваска Промилк обеспечит качество силоса и зерносенажа. *Животноводство России.* 2023;(4):50-54. https://doi.org/10.25701/ZZR.2023.04.04.007

    Laptev G.Yu., Yildirym E.A., Ilina L.A. Promilk Starter Culture Will Ensure the Quality of Silage and Grain Haylage. *Animal Husbandry of* Russia. 2023;(4):50-54. (In Russ.). https://doi.org/10.25701/ZZR.2023.04.04.007
19. Йылдырым, Е.А., Ильина Л.А. Динамика микробиоценоза в процессе силосования с использованием методов T-RFLP и количественной ПЦР. *Аграрный вестник Верхневолжья.* 2017;4(21):65-71.

    Yildirim, E.A., Ilina L.A. Dynamics of Microbiocenosis During Silage Making Using T-RFLP and Quantitative PCR Methods. *Agrarian Bulletin of the Upper Volga Region*. 2017;4(21):65-71. (In Russ.)
20. Guo X.S., Ke W., Ding W. et al. Profiling of Metabolome and Bacterial Community Dynamics in Ensiled *Medicago Sativa* Inoculated Without or with *Lactobacillus Plantarum* or *Lactobacillus Buchneri*. *Scientific Reports*. 2018;8(357):1-10. https://doi.org/10.1038/s41598-017-18348-0
21. Бондарев В.А., Косолапов В.М., Победнов Ю.А., Клименко В.П. и др. Методические рекомендации по проведению опытов по консервированию и хранению объемистых кормов. Москва : ФГУ РЦСК; 2008:67.

    Bondarev V.A., Kosolapov V.M., Pobednov Yu.A., Klimenko V.P. et al. Methodical Recommendations for Conducting Experiments on the Preservation and Storage of Bulk Feed. Moscow : FGU RCSC; 2008:67. (In Russ.).
22. Косолапов В.М., Чуйков В.А., Худякова Х.К., Косолапова В.Г. *Физико-химические методы анализа кормов*. Москва : Типография Россельхозакадемии; 2014:344.

    Kosolapov V.M., Chuikov V.A., Khudyakova H.K., Kosolapova V.G. *Physicochemical Methods for Feed Analysis*. Moscow : Printing house of the Russian Agricultural Academy; 2014:344. (In Russ.).
23. Абрамян А.С., Дуборезов В.М., Артемьева О.А., Мишуров А.В., Павлюченкова О.В. *Методика определения механических примесей и обсеменения микрофлорой в силосе и сенаже*. Дубровицы : ГНУ ВИЖ Россельхозакадемии; 2013:24.

    Abramyan A.S., Duborezov V.M., Artemyeva O.A., Mishurov A.V., Pavlyuchenkova O.V. *Methodology for Determining Mechanical Impurities and Microflora Contamination in Silage and Haylage*. Dubrovitsy : GNU VIZh of the Russian Agricultural Academy; 2013:24. (In Russ.).
24. Vicente F., Rodríguez M.L., Martínez-Fernández A., Soldado A., Argamentería A., Peláez M., de la Roza-Delgado B. Subclinical Ketosis on Dairy Cows in Transition Period in Farms with Contrasting Butyric Acid Contents in Silages. *Scientific World Journal.* 2014;(2014):279-614. https://doi.org/10.1155/2014/279614

25. McAllister T., Dunière L., Drouin P., Xu S., Wang Y., Munns K., Zaheer R. Silage Review: Using Molecular Approaches to Define the Microbial Ecology of Silage. *Journal of Dairy Science*. 2018;(101):4060-4074. https://doi.org/10.3168/jds.2017-13704
26. Gurjar A.A., Hegde N.V., Love B.C., Jayarao B.M. Real-Time Multiplex PCR Assay for Rapid Detection and Toxintyping of *Clostridium perfringens* Toxin Producing Strains in Feces of Dairy Cattle. *Molecular and Cellular Probes*. 2007;22(2):90-95. https://doi.org/10.1016/j.mcp.2007.08.001
27. Russell J.B., Diez-Gonzalez F., Jarvis G.N. Potential Effects of Cattle Diets on the Transmission of Pathogenic *Escherichia coli* to Humans. *Microbes and Infectious Diseases*. 2000;2(10717540):45-53.
28. Hernández-González J.C., Martínez-Tapia A., Lazcano-Hernández G., García-Pérez B.E., Castrejón-Jiménez N.S. Bacteriocins from Lactic Acid Bacteria. A Powerful Alternative as Antimicrobials, Probiotics, and Immunomodulators in Veterinary Medicine. *Animals* (Basel). 2021;11(4):979. https://doi.org/10.3390/ani11040979
29. Cotter P.D., Ross R.P., Hill C. Bacteriocins – A Viable Alternative to Antibiotics? *Nature Reviews Genetics*. 2013;11:95-105. https://doi.org/10.1038/nrmicro2937
30. Yitbarek M.B., Tamir B. Silage Additives: Review. *Open Journal of Applied Sciences*. 2014;(4): 258-274. https://doi.org/10.4236/ojapps.2014.45026
31. Jiang F.G., Cheng H.J., Liu D., Wei C., An W.J., Wang Y.F., Sun H., Song E. Treatment of Whole-Plant Corn Silage with Lactic Acid Bacteria and Organic Acid Enhances Quality by Elevating Acid Content, Reducing pH, and Inhibiting Undesirable Microorganisms. *Frontiers in Microbiology*. 2020;(11):593088. https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.593088
32. McDonald P., Henderson A.R., Heron, S.J.E. *The Biochemistry of Silage*. Marlow, UK : Chalcombe Publications; 1991.
33. Queiroz O.C.M., Ogunade I.M., Weinberg Z., Adesogan A.T. Silage review: Foodborne Pathogens in Silage and Their Mitigation by Silage Additives. *Journal of Dairy Science*. 2018;(101):4132-4142.
34. Leite D.P., Amadio J.V., Martins E.R., Simões S.A., Yamamoto A.C., Leal-Santos F.A., Takahara D.T., Hahn R.C. *Cryptococcus* spp. Isolated from Dust Microhabitat in Brazilian Libraries. *Journal of Occupational Medicine and Toxicology.* 2012;8;7(1):11. https://doi.org/10.1186/1745-6673-7-11
35. McDonald T., Wiesner D.L., Nielsen K. Cryptococcus. *Current Biology*. 2012;22(14):R554-5. https://doi.org/10.1016/j.cub.2012.05.040
36. Cosentino S., Fadda M.E., Deplano M., Mulargia A.F., Palmas F. Yeasts Associated with Sardinian Ewe's Dairy Products. *International Journal of Food Microbiology*. 2001;19;69(1-2):53-58. https://doi.org/10.1016/s0168-1605(01)00572-4
37. Gori, K., Mortensen H.D., Arneborg N., Jespersen L. Ammonia as a Mediator for Communication in Strains of *Debaryomyces hansenii* and Yeast Species. *Journal of Dairy Science*. 2007;90:5032-5041.
38. Danner H., Holzer M., Mayrhuber E., Braun R. Acetic Acid Increases Stability of Silage Under Aerobic Conditions. *Applied and Environmental Microbiology Journal*. 2003;69(1):562-567. https://doi.org/10.1128/AEM.69.1.562-567.2003
39. Kung L.Jr., Shaver R.D., Grant R.J., Schmidt R.J. Silage review: Interpretation of Chemical, Microbial, and Organoleptic Components of Silages. *Journal of Dairy Science.* 2018;101(5):4020-4033. https://doi.org/10.3168/jds.2017-13909
40. Gallo A., Giuberti G., Frisvad J.C., Bertuzzi T., Nielsen, K.F. Review on Mycotoxin Issues in Ruminants: Occurrence in Forages, Effects of Mycotoxin Ingestion on Health Status and Animal Performance and Practical Strategies to Counteract Their Negative Effects. *Toxins*. 2015;7(8):3057-3111. https://doi.org/10.3390/toxins7083057
41. Ran Q., Guan H., Li H., He W., Zhu R., Zhang L., Huang Y., Xu Y., Fan Y. Effect of Formic Acid and Inoculants on Microbial Community and Fermentation Profile of Wilted or Un-Wilted Italian Ryegrass Silages during Ensiling and Aerobic Exposure. *Fermentation*. 2022;8(12):755. https://doi.org/10.3390/fermentation8120755
42. McAllister T., Dunière L., Drouin P., Xu S., Wang Y., Munns K., Zaheer R. Silage Review: Using Molecular Approaches to Define the Microbial Ecology of Silage. *Journal of Dairy Science*. 2018;(101):4060-4074.

Сведения об авторах

Ильина Лариса Александровна –
доктор биологических наук, начальник молекулярно-генетической лаборатории ООО «БИОТРОФ», профессор кафедры крупного животноводства, Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Санкт-Петербург, Россия

https://orcid.org/0000-0003-2789-4844

SPIN-код: 5826-7525

ilina@biotrof.ru

Клименко Владимир Павлович –
доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник лаборатории консервирования и хранения кормов, руководитель Испытательного центра по оценке качества и стандартизации кормов, Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В. Р. Вильямса, Московская область, г. Лобня, Россия

https://orcid.org/0000-0003-1556-7344

SPIN-код: 1442-8143

v-klimenko1959@mail.ru

Абрамян Антон Сенекеримович –
доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ведущий научный сотрудник лаборатории консервирования и хранения кормов, Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В. Р. Вильямса, Московская область, г. Лобня, Россия

SPIN-код: 4003-2170

prof.abramyan49@mail.ru

Маляренко Светлана Андреевна –
кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории консервирования и хранения кормов, Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В. Р. Вильямса, Московская область, г. Лобня, Россия

https://orcid.org/0000-0003-1776-3082

SPIN-код: 9276-4462

malyar95@mail.ru

Миюц Зоя Константиновна –

аспирант, Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В. Р. Вильямса, Московская область, г. Лобня, Россия

SPIN-код: 6065-8469

zoya_miiuts@mail.ru

About the authors

larisa A. Ilina –
Dr. Sci. (Biol.), Head Molecular Genetic Laboratory of «BIOTROF», Prof., Department of Large Livestock Breeding, Saint Petersburg State Agrarian University, Saint Petersburg, Russia

https://orcid.org/0000-0003-2789-4844

ilina@biotrof.ru

Vladimir P. Klimenko –
Dr. Sci. (Agric.), Senior Research, Laboratory of Food Preservation and Storage, Head, Testing Center for Assessment of Feeds Quality and Standardization, Federal Williams Research Center of Forage Production & Agroecology, Moscow region, Lobnya, Russia

https://orcid.org/0000-0003-1556-7344

v-klimenko1959@mail.ru

Anton S. Abramyan –
Dr. Sci. (Agric.), Prof., Senior Researcher, Laboratory of Feeds Preservation and Storage, Federal Williams Research Center of Forage Production & Agroecology, Moscow region, Lobnya, Russia

prof.abramyan49@mail.ru

Svetlana A. Malyarenko –
Cand. Sci. (Agric.), Senior Researcher, Laboratory of Feeds Preservation and Storage, Federal Williams Research Center of Forage Production & Agroecology, Moscow region, Lobnya, Russia

https://orcid.org/0000-0003-1776-3082

malyar95@mail.ru

Zoya K. Miyuts –
Postgraduate student, Federal Williams Research Center of Forage Production & Agroecology, Moscow region, Lobnya, Russia

zoya_miiuts@mail.ru

Исследовательская статья

УДК 636.2.033

https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-3-66-71

Анализ полиморфизма гена гормона роста (L127v) у бычков калмыцкой породы

КОРРЕСПОНДЕНЦИЯ:
Алтана Вадимовна Убушиева
E-mail: ameli-altanas@mail.ru

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:
Убушиева А.В., Генджиев А.Я., Убушиева В.С., Чимидова Н.В., Дорджиева Б.Б. Анализ полиморфизма гена гормона роста (L127v) у бычков калмыцкой породы. *Аграрный вестник Северного Кавказа.* 2025;15(3):66-71. https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-3-66-71 EDN ZKMBES

ПОСТУПИЛА: 02.05.2025
ДОРАБОТАНА: 23.08.2025
ПРИНЯТА: 29.08.2025

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ:
авторы сообщают об отсутствии конфликта интересов.

А.В. Убушиева ✉, А.Я. Генджиев, В.С. Убушиева, Н.В. Чимидова, Б.Б. Дорджиева

Калмыцкий государственный университет им. Б. Б. Городовикова, Элиста, Россия

АННОТАЦИЯ

ВВЕДЕНИЕ. Изучение полиморфизма гена гормона роста (GH) у калмыцких бычков актуально для понимания генетических основ их мясной продуктивности, однако влияние молчащих мутаций на функциональные характеристики породы остается малоисследованным.

ЦЕЛЬ. Проанализировать полиморфизм L127v гена GH и его возможную связь с продуктивными качествами животных.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. В работе использованы образцы ДНК чистопородных калмыцких бычков (n = 21). Проведено секвенирование ключевых участков гена GH у 21 бычка с последующим генотипированием и анализом связи полиморфизма L127v с динамикой привесов. Использованы методы капиллярного электрофореза, ПЦР и статистический анализ.

РЕЗУЛЬТАТЫ. Выявлено доминирование аллеля L (88,1 %) над V (11,9 %) при распределении генотипов LL (76,2 %) и LV (23,8 %), соответствующем равновесию Харди-Вайнберга (χ^2 = 0,376). Гетерозиготы LV демонстрировали достоверно более высокие показатели абсолютного (52,4±4,4 кг vs 38,5±8,9 кг; p = 0,008) и среднесуточного привеса (1,68±0,13 vs 1,32±0,30 г/сут; p = 0,012) по сравнению с LL, а также меньшую вариабельность признака (CV = 8,4 % vs 23,1 %).

ВЫВОДЫ. Полиморфизм L127v гена GH является перспективным маркером для селекции калмыцких бычков на мясную продуктивность, при этом гетерозиготный генотип LV ассоциирован с устойчиво высокими привесами. Результаты важны для разработки ДНК-маркеров селекции калмыцкого скота с целью улучшения мясной продуктивности в условиях экстенсивного животноводства.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: полиморфизм, ген гормона роста, калмыцкая порода, мясная продуктивность, однонуклеотидные полиморфизмы, миссенс-мутация, SNP, аллели, секвенирование ДНК

Research article

https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-3-66-71

Analysis of Growth Hormone (L127v) Gene Polymorphism in Kalmyk Bull Calves

CORRESPONDENCE:
Altana V. Ubushieva
E-mail: ameli-altanas@mail.ru

FOR CITATION:
Ubushieva A.V., Gendzhiev A.Ya., Ubushieva V.S., Chimidova N.V., Dordzhieva B.B. Analysis of Growth Hormone (L127v) Gene Polymorphism in Kalmyk Bull Calves. *Agrarian Bulletin of the North Caucasus.* 2025;15(3):66-71. https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-3-66-71 EDN ZKMBES

RECEIVED: 02.05.2025
REVISED: 23.08.2025
ACCEPTED: 29.08.2025

DECLARATION OF COMPETING INTEREST:
none declared.

Altana V. Ubushieva ✉, Alexander Ya. Gendzhiev, Victoria S. Ubushieva, Nadezhda V. Chimidova, Bairta B. Dordzhieva

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

ABSTRACT

INTRODUCTION. The study of growth hormone gene (GH) polymorphisms in Kalmyk bulls is relevant for understanding the genetic basis of their meat productivity, however, the influence of silent mutations on the functional characteristics of the breed remains understudied.

AIM. To analyze the L127v polymorphism of the GH gene and its potential association with the productive traits of the animals.

MATERIALS AND METHODS. The study used DNA samples from purebred Kalmyk bulls (n = 21). Sequencing of key regions of the GH gene was performed, followed by genotyping and analysis of the association between the L127v polymorphism and weight gain dynamics. Methods included capillary electrophoresis, PCR, and statistical analysis.

RESULTS. A dominance of the L allele (88.1 %) over the V allele (11.9 %) was revealed, with genotype distribution LL (76.2 %) and LV (23.8 %) conforming to Hardy-Weinberg equilibrium ($\chi^2 = 0.376$). Heterozygous LV animals showed significantly higher absolute weight gain (52.4±4.4 kg vs. 38.5±8.9 kg; p = 0.008) and average daily gain (1.68±0.13 vs. 1.32±0.30 g/day; p = 0.012) compared to LL homozygotes, as well as lower trait variability (CV = 8.4 % vs. 23.1 %).

CONCLUSIONS. The L127v polymorphism of the GH gene is a promising marker for the selection of Kalmyk bulls for meat productivity, with the heterozygous LV genotype associated with consistently high weight gains. The results are important for developing DNA markers for the selection of Kalmyk cattle to improve meat productivity under extensive livestock farming conditions.

KEYWORDS: polymorphism, growth hormone gene, Kalmyk breed, meat productivity, single nucleotide polymorphisms, missense mutation, SNP, alleles, DNA sequencing

ВВЕДЕНИЕ

Генетика сельскохозяйственных животных играет ключевую роль в повышении эффективности животноводства, поскольку позволяет выявлять и использовать молекулярно-генетические маркеры, связанные с продуктивными признаками. Одним из важнейших направлений современной селекции является изучение полиморфизмов генов, регулирующих рост, развитие и метаболизм животных. В условиях растущего спроса на мясную продукцию особенно актуальны исследования, направленные на выявление генетических факторов, влияющих на мясную продуктивность крупного рогатого скота.

Среди генов-кандидатов, определяющих рост и развитие животных, особое место занимает ген гормона роста (GH), кодирующий соматотропин. Этот гормон регулирует процессы роста, дифференцировки клеток и обмена веществ, что делает его ключевым объектом исследований в области генетики продуктивности [1; 2; 3].

Полиморфизм гена гормона роста (L127v) у бычков калмыцкой породы представляет особый интерес для исследователей, так как этот полиморфизм может существенно влиять на мясную продуктивность животных. Замена лейцина на валин в позиции 127 (L127v) в гене GH приводит к изменению структуры белка соматотропина, что потенциально может изменить его активность и эффективность в регулировании роста и развития мышечной ткани [4; 5].

Современные исследования подтверждают связь полиморфизмов гена GH с ключевыми хозяйственно-полезными признаками у крупного рогатого скота. Например, показано, что определенные аллельные варианты могут ассоциироваться с повышенной скоростью набора массы, улучшенным выходом мяса и его пищевыми характеристиками [3; 6; 7]. Однако большинство таких исследований проведено на коммерческих породах, тогда как локальные, адаптированные к экстремальным условиям породы, такие как калмыцкая, остаются недостаточно изученными [8; 9; 10].

Калмыцкая порода крупного рогатого скота представляет значительный интерес для селекции благодаря высокой адаптивности к засушливому климату и хорошим мясным качествам [11; 12]. Несмотря на это, генетические механизмы, лежащие в основе ее продуктивности, изучены слабо. В частности, практически отсутствуют данные о распространенности полиморфизма L127v гена GH в популяции калмыцких бычков и его возможном влиянии на мясную продуктивность [13; 14].

Целью настоящего исследования является анализ полиморфизма L127v гена GH у бычков калмыцкой породы и выявление потенциальных ассоциаций между этим полиморфизмом и основными показателями мясной продуктивности. В задачи исследования входит:

1. Генотипирование животных по локусу L127V методом секвенирования.
2. Оценка частот аллелей и генотипов в исследуемой популяции.
3. Анализ распространенности полиморфизма в популяции калмыцких бычков.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Этические аспекты

Исследование проводилось в строгом соответствии с международными биоэтическими нормами работы с сельскохозяйственными животными. Животные содержались в стандартных условиях, полностью соответствующих требованиям гуманного обращения с сельскохозяйственными животными.

Объект исследования

Экспериментальная работа была проведена на базе ООО КФХ «Эркетени», расположенного в Яшкульском районе Республики Калмыкия, Россия. Объектом исследования являлись чистопородные калмыцкие бычки. В общей сложности было отобрано 21 животное в возрасте от 12 до 24 месяцев. Все животные находились в одинаковых условиях содержания и кормления.

Забор и подготовка биологического материала

Для молекулярно-генетического анализа был использован образец крови, взятый из яремной вены каждого животного с соблюдением всех асептических норм. Кровь собирали в пробирки с ЭДТА для предотвращения свертывания. Образцы хранили при температуре +4 °C до начала лабораторных исследований.

Выделение геномной ДНК

ДНК выделяли из цельной крови с использованием коммерческого набора «МагноПраймВет» (ООО «НекстБИО», Россия) согласно протоколу производителя. Этот метод основан на принципе магнитной сепарации и обеспечивает высокую чистоту выделенной ДНК. Качество и количество выделенной ДНК контролировали с помощью электрофореза в 1 % агарозном геле с окрашиванием бромистым этидием. Концентрацию ДНК измеряли спектрофотометрически при 260 нм.

Полимеразная цепная реакция (ПЦР)

Реакционную смесь для ПЦР готовили следующим образом:

Буфер 10х: 2,5 мкл

Праймеры GH L121V1 и GH L121V2 (по 10 мкМ): по 1 мкл каждого

Смесь dNTP (4 мкМ): 1,25 мкл

Матричная ДНК: 2 мкл

Taq ДНК-полимераза: 0,5 мкл

Деионизированная вода: до 25 мкл

Температуры отжига праймеров подбирали с помощью градиентной ПЦР в диапазоне 52–65 °С. Амплификацию гена GH проводили с использованием ПЦР на амплификаторе BioRad C-1000 Touch TM с Taq-полимеразой «Евроген». Специфические олигонуклеотидные праймеры GH-L127V1 и GH-L127V2 (таблица 1) обеспечивали получение продукта размером 404 п. н. Контроль качества амплификации осуществлялся методом электрофореза в 1 % агарозном геле.

Очистка ПЦР-продуктов

Продукты ПЦР очищали с использованием набора «ColGen» («Синтол», Россия) согласно инструкции производителя. Этот набор основан на принципе сорбции ДНК на силикатных мембранах. Контроль чистоты очищенных продуктов проводили методом горизонтального электрофореза с использованием комплекта реагентов «ЭФ» (AmpliSens, Россия).

Секвенирование ДНК

Секвенирование амплифицированных участков гена GH проводили с использованием набора реагентов «GenSeq» («Синтол», Россия). Условия циклов приведены в таблице 1. Очищали продукты секвенирования набором реагентов SeqMAG («Синтол»), элюируя ДНК в 10 мкл деионизированного формамида. Электрофоретическое разделение продуктов секвенирования проводили на генетическом анализаторе Нанофор 05 с полимером ПДМА-6 («Синтол») и буфером ТАПС («Синтол»).

Анализ данных

Анализ сырых данных секвенирования (ab1 формат) выполнили с помощью программы Mutation Surveyor версии 5.2.0 (Ink SoftGenetics, Пенсильвания, США). Статистическая обработка данных проводилась с использованием стандартных методов анализа вариаций и корреляционного анализа в приложении Microsoft Excel.

Таблица 1
Характеристики праймеров и условия амплификации для ПЦР и секвенирования

Table 1
Characteristics of primers and amplification conditions for PCR and sequencing

Наименование	Последовательность	Условия амплификации для ПЦР	Условия амплификации для секвенирования
GH-L127V1	5’- TAGGGGAGGGTGGAAAATG-GA-3’	Начальная денатурация: 95 °С, 3 мин, 1 цикл Денатурация: 95 °С, 15 с, 30 циклов Отжиг с градиентом: 65 °С → 52 °С, 15 с, 30 циклов Элонгация: 72 °С, 30 с, 30 циклов Заключительная элонгация: 72 °С, 2 мин, 1 цикл	Начальная денатурация: 95 °С, 1 мин, 1 цикл Денатурация: 95 °С, 10 с, 30 циклов Отжиг: 63 °С, 10 с, 30 циклов Элонгация: 60 °С, 2 мин, 30 циклов Хранение: 4 °С, до выкл.
GH- L127V2	5’- GACACCTACTCAGACAATG-CG- 3’		

РЕЗУЛЬТАТЫ

В ходе молекулярно-генетического анализа гена гормона роста (GH) у бычков калмыцкой породы проведено секвенирование ключевых участков гена, включая промоторную область, экзоны и интроны. Ген GH локализован на 19-й хромосоме (BTA 19, NCBI Reference Sequence: AC_000176.1) и состоит из пяти экзонов, разделенных четырьмя интронами.

В гене гормона роста выявлено 10 однонуклеотидных полиморфизмов, из которых четыре в области промотора имеют небольшой эффект для селекции, так как слабо влияют на экспрессию гена. Функциональные замены происходят в позициях 2141 C>G (лейцин-валин), 2258 C>T (аргинин-триптофан) и 2277 C>T, SNP 2291 A>C. Полиморфизмы в экзоне 1 и интроне 3 не сильно влияют на рост и мясную продуктивность. Мутация 2141 C>G существенно определяет интенсивность набора веса, а замена в позиции 2258 C>T связана с массой туши [4; 5].

В результате секвенирования ДНК образцов была обнаружена миссенс-мутация, представляющая собой однонуклеотидный полиморфизм (SNP) типа A > C, расположенный в пятом экзоне гена GH (рисунки 1, 2). Эта мутация заключается в замене нуклеотида аденина (A) на цитозин (C) в последовательности ДНК, что приводит к молчащей мутации. Молчащие мутации не изменяют аминокислотную последовательность белка, так как они не влияют на код, который считывается в процессе трансляции. Это означает, что данный вариант полиморфизма не оказывает прямого влияния на функциональные свойства белка гормона роста, но может иметь другие биологические последствия, которые еще предстоит изучить.

Из рисунка видно, что был использован Primer 5'-TAGGGGAGGGTGGAAAATGGA-3'. Замена A > C происходит в Exon 5 в позиции 1681. Также в этом экзоне можно обнаружить следующие эндонуклеазы рестрикции Sma, XcyI, XmaI, AcsI, FdiII, NcbI, HpyF36I, AccIII, Aor13HI, BspBI, AfaI.

На основе проведённого анализа данных секвенирования была определена частота распределения аллельных вариантов полиморфизма L127V в гене GH (рисунок 2).

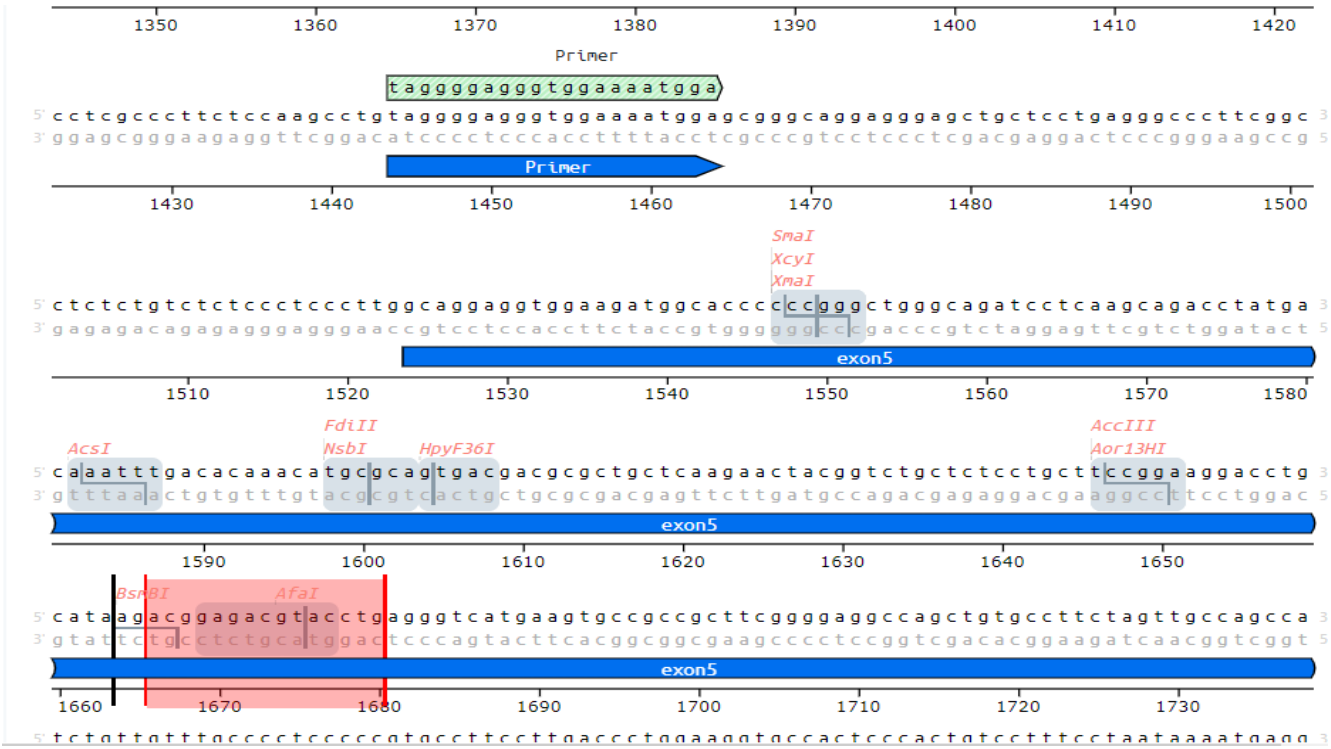
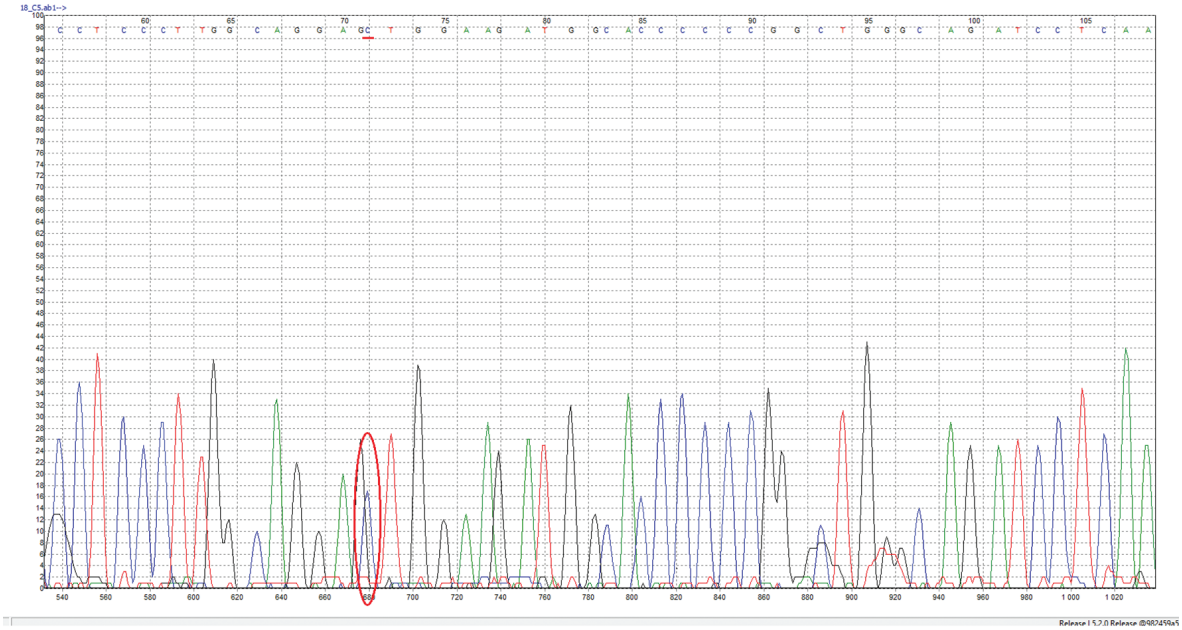
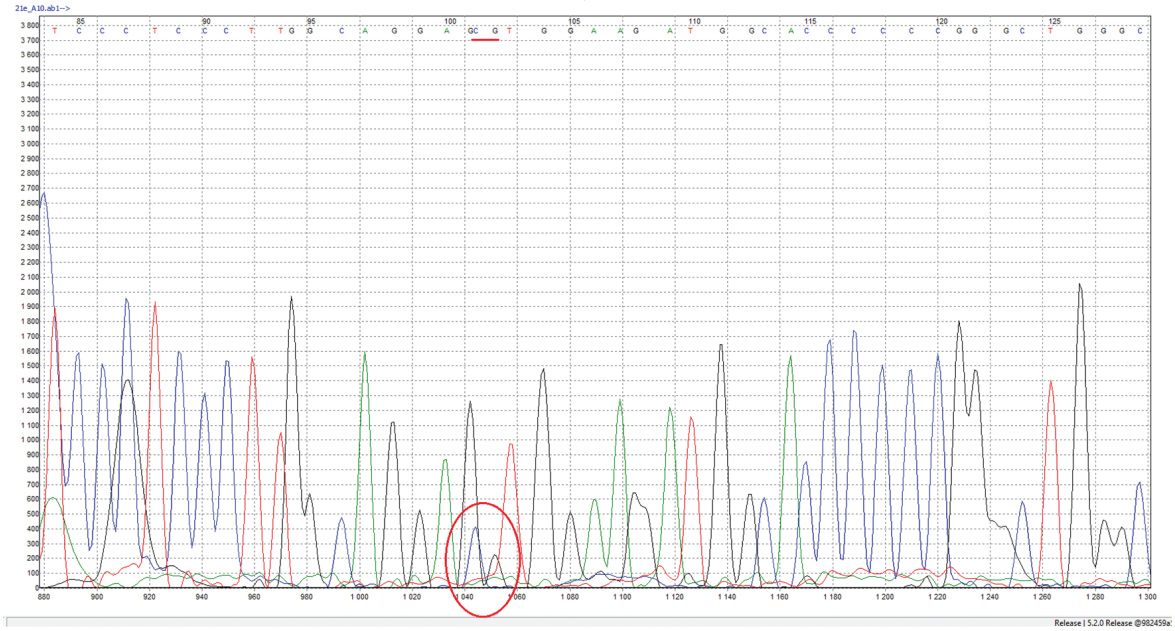


Рисунок 1
Анализ последовательности нуклеотидов гормона роста в 5 экзоне

Figure 1
Analysis of the nucleotide sequence of growth hormone in exon 5



1)



2)

Рисунок 2
Результаты капиллярного электрофореза показали различие в генотипах исследуемых образцов: образец 1 представляет гомозиготный генотип по аллелю A (LL), образец 2 – гетерозиготный генотип M (LV)

Figure 2
The results of capillary electrophoresis showed a difference in the genotypes of the studied samples: sample 1 represents the homozygous genotype for the A (LL) allele, sample 2 – the heterozygous genotype M (LV)

Проведенный анализ хроматограмм, полученных методом капиллярного секвенирования по Сэнгеру, выявил ряд важных особенностей нуклеотидных последовательностей гена GH у исследуемых бычков калмыцкой породы. Хроматограммы демонстрируют высокое качество данных с четко различимыми пиками нуклеотидов и минимальным фоновым шумом, что обеспечивает надежность последующего анализа.

Как видно на рисунке 2, последовательность представлена в виде пиков четырех цветов, каждый из которых соответствует определенному нуклео-

тиду. Анализ последовательностей выявил участок с разными аллельными состояниями во всех образцах, отмеченный красным. Этот участок представляет собой полиморфизм L127v. Было установлено, что животные в данной области гена находились в гомозиготном состоянии с аллелями A или в гетерозиготном состоянии, обозначенном буквой M в последовательности.

Нами была рассчитана частота генотипов и аллелей по гену GH у бычков калмыцкой породы (рисунки 3, 4).

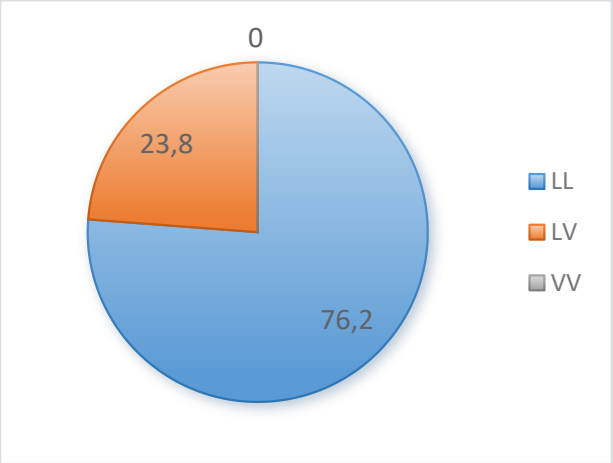


Рисунок 3
Частота встречаемости генотипов по гену гормона роста у бычков калмыцкой породы

Figure 3
Frequency of occurrence of growth hormone genotypes in Kalmyk bull calves

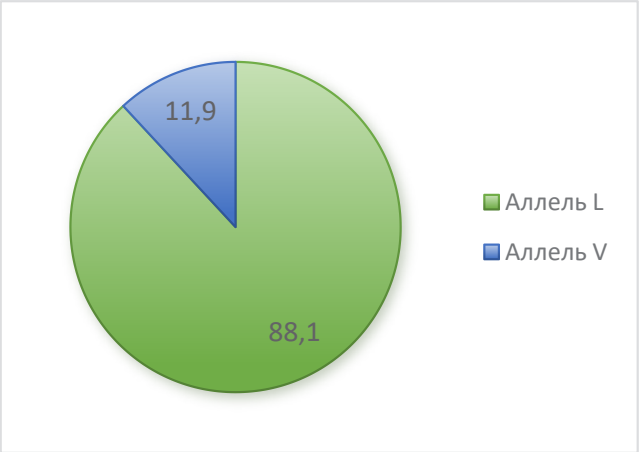


Рисунок 4
Частота встречаемости аллелей по гену гормона роста у бычков калмыцкой породы

Figure 4
Frequency of occurrence of growth hormone gene alleles in Kalmyk bull calves

Анализ генетической структуры исследуемой популяции выявил выраженное доминирование аллеля L, что подтверждается высокой частотой его встречаемости (88,1 %) по сравнению с аллелем V (11,9 %). Распределение генотипов демонстрирует значительное преобладание гомозигот LL (76,2 %) над гетерозиготами LV (23,8 %), в то время как гомозиготы VV полностью отсутствуют в выборке. Отсутствие гомозигот VV при относительно низкой частоте аллеля V (менее 12 %) согласуется с ожиданиями закона Харди-Вайнберга, так как теоретически их доля должна составлять всего около 1,4 % (таблица 2).

Таблица 2
Сравнение наблюдаемых и ожидаемых частот генотипов с расчетом критерия χ^2 (n = 21)

Table 2
Comparison of observed and expected genotype frequencies with χ^2 test calculation (n = 21)

Генотип	Наблюдаемая частота (%)	Ожидаемая частота (%)	Наблюдаемое число особей (O)	Ожидаемое число особей (E)	$(O-E)^2/E$
LL	76,2	77,6	16	16,30	0,006
LV	23,8	21,0	5	4,41	0,080
VV	0,0	1,4	0	0,29	0,290
Σ	100,0	100,0	21	21,00	χ^2=0,376

Полученное значение χ^2 (0,376) значительно ниже критического значения (3,841 для уровня значимости 0,05 при одной степени свободы), что свидетельствует об отсутствии статистически значимых отклонений от равновесия Харди-Вайнберга в исследуемой популяции. Наблюдаемое распределение генотипов демонстрирует высокую степень соответствия теоретическим ожиданиям: частота доминантных гомозигот LL (76,2 %) практически идентична ожидаемой (77,6 %), а частота гетерозигот LV (23,8 %) лишь незначительно превышает расчетное значение (21,0 %). Полное отсутствие рецессивных гомозигот VV в выборке, несмотря на ожидаемую низкую частоту (1,4 %), может объясняться как ограниченным размером выборки, так и возможным снижением жизнеспособности особей с данным генотипом, однако малый вклад этой категории в общее значение χ^2 (0,290) не позволяет сделать однозначные выводы о наличии селективного давления.

Проведенное исследование полиморфизма гена гормона роста (GH) у бычков калмыцкой породы выявило важные особенности генетической структуры популяции. Полученные данные демонстрируют выраженное доминирование аллеля L (88,1 %) над аллелем V (11,9 %), что согласуется с результатами, полученными для других пород крупного рогатого скота [4; 5]. Распределение генотипов (LL – 76,2 %, LV – 23,8 %, VV – 0 %) соответствует равновесию Харди-Вайнберга (χ^2 = 0,376), что свидетельствует об отсутствии значимого селекционного давления по данному локусу.

Проведен анализ влияния полиморфизма L127v гена гормона роста на продуктивные показатели бычков калмыцкой породы. Генотипирование животных выявило два аллельных варианта: LL (гомозиготы по лейцину) и LV (гетерозиготы). Статистическая обработка данных показала достоверные различия в динамике привесов между группами с разными генотипами (таблица 3).

Таблица 3
Влияние полиморфизма L127v гена гормона роста на показатели привеса у бычков калмыцкой породы

Table 3
Effect of the L127v growth hormone gene polymorphism on weight gain parameters in Kalmyk bull calves

Показатель	Генотип LL (n = 15)	Генотип LV (n = 6)	p-value
Абсолютный привес, кг	38,5±8,9	52,4±4,4	0,008
Среднесуточный привес, г/сут	1,32±0,30	1,68±0,13	0,012
Минимальный привес, кг	20	50	–
Максимальный привес, кг	54	58	–
Коэффициент вариации, %	23,1	8,4	–

Анализ показал, что бычки с генотипом LV демонстрировали достоверно более высокие показатели привеса по сравнению с генотипом LL. Средний абсолютный привес в группе LV составил 54,4±4,8 кг, тогда как в группе LL – 38,6±2,3 кг ($p < 0,05$). Аналогичная тенденция наблюдалась для среднесуточного привеса: 1,75±0,15 кг/сут (LV) против 1,31±0,07 кг/сут (LL).

Гетерозиготные животные (LV) демонстрировали не только более высокие, но и более стабильные показатели привесов (коэффициент вариации 8,4 % против 23,1 % в группе LL), что может свидетельствовать о положительном эффекте гетерозиготности по данному локусу. Корреляционный анализ выявил умеренную связь между генотипом и продуктивностью (r = 0,47, p = 0,03), при этом влияние исходной массы тела на привесы было статистически незначимым.

Полученные данные свидетельствуют о значительном влиянии полиморфизма L127v гена GH на рост и продуктивность бычков калмыцкой породы. Наличие аллеля V ассоциировано с более высокими показателями привеса, что делает его перспективным маркером для селекции.

ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные данные о полиморфизме L127v гена GH демонстрируют его значимое влияние на продуктивные качества калмыцких бычков. Результаты исследования согласуются с выводами общетематического обзора [15], где подчеркивается важность генетических маркеров в селекции мясного скота. Особый интерес представляет выявленное преимущество гетерозиготных животных, что подтверждает данные исследований на герефордском скоте [16], где также отмечалась ассоциация данного полиморфизма с хозяйственно-ценными признаками.

Комплексный анализ полиморфизмов GH в сочетании с другими генами, проведенный в работе [17], показал схожие закономерности влияния на продуктивность у различных мясных пород. При этом следует учитывать породную специфику проявления генетических эффектов, что подтверждается исследованиями [18] на молочных породах скота. Особенно важны данные по казахской белоголовой породе [19], где выявлено сходное распределение генотипов по локусу L127v.

Наиболее убедительные доказательства функциональной значимости изучаемого полиморфизма представлены в работе [20], где детально исследовано его влияние на гормональный профиль и мясные качества герефордских быков.

Проведенное исследование полиморфизма L127V гена гормона роста (GH) у бычков калмыцкой породы выявило значимые ассоциации с продуктивными показателями. Полученные данные демонстрируют выраженное доминирование аллеля L (88,1 %) и генотипа LL (76,2 %) в популяции, что соответствует равновесию Харди-Вайнберга (χ^2 = 0,376) и согласуется с результатами исследований на других породах крупного рогатого скота [4; 5]. Особый ин-

терес представляет обнаруженное преимущество гетерозигот LV по показателям привеса (52,4±4,4 кг против 38,5±8,9 кг у LL; p = 0,008) и их меньшая вариабельность (CV = 8,4 % против 23,1 %), что может объясняться эффектом сверхдоминирования, описанным в работах [15; 19]. Эти результаты подтверждают данные, полученные для северо-кавказской популяции герефордов [5], где гетерозиготы L127v также демонстрировали лучшие показатели роста.

Механизм наблюдаемого эффекта может быть связан с изменением конформации соматотропина при замене L→V, влияющим на его взаимодействие с рецептором [13]. Отсутствие гомозигот VV в выборке, несмотря на ожидаемую частоту 1,4 %, требует осторожной интерпретации. Аналогичные наблюдения отмечены для казахской белоголовой породы [9], что может указывать либо на ограниченность выборки, либо на сниженную жизнеспособность VV-особей. Выявленная ассоциация L127v с привесами подтверждает перспективность использования этого маркера в селекции калмыцкого скота, особенно с учетом его уникальных адаптивных качеств [10; 11]. Однако для практического применения необходимо учитывать возможные взаимодействия с другими локусами (GHR, DGAT1), влияющими на рост [7; 18], а также породную специфику эффектов [6].

Полученные результаты имеют важное значение для разработки программ геномной селекции калмыцкого скота [14], особенно в условиях экстенсивного животноводства. Они подтверждают необходимость дальнейших исследований, направленных на увеличение выборки для уточнения частоты VV-генотипа, изучение эпистатических взаимодействий с другими генами и оценку влияния L127v на качественные показатели мяса. Особую ценность представляют комплексные исследования, учитывающие взаимодействие нескольких генетических маркеров [3; 17], что особенно актуально для калмыцкой породы, сочетающей высокую адаптивность и продуктивные качества [12].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование полиморфизма L127v гена гормона роста у бычков калмыцкой породы позволило выявить значимые ассоциации с показателями мясной продуктивности. Установлено доминирование аллеля L (88,1 %) в популяции при распределении генотипов, соответствующем равновесию Харди-Вайнберга (χ^2 = 0,376). Наиболее важным результатом является обнаружение достоверно более высоких показателей абсолютного (52,4±4,4 кг против 38,5±8,9 кг; p = 0,008) и среднесуточного привеса (1,68±0,13 г/сут против 1,32±0,30 г/сут; p = 0,012) у гетерозиготных животных LV по сравнению с гомозиготами LL.

Полученные данные подтверждают перспективность использования полиморфизма L127v в качестве молекулярно-генетического маркера при селекции калмыцкого скота. Особую ценность представляет выявленная стабильность привесов у гетерозиготных особей (CV = 8,4 % против 23,1 % у LL), что может быть обусловлено эффектом сверхдоминирования.

Полученные результаты подчеркивают важность продолжения исследований полиморфизмов гена GH у разных пород крупного рогатого скота, особенно тех, которые обладают уникальными адаптивными свойствами, такими как калмыцкая порода. Эти исследования помогут лучше понять механизмы регуляции гормональной системы и их связь с продуктивными признаками, что будет полезно для оптимизации селекционных программ и повышения эффективности животноводства.

Вклад авторов:

А. В. Убушиева: концептуализация, руководство исследованием, создание рукописи и ее редактирование.

А. Я. Генджиев: создание черновика рукописи, ресурсы.

В. С. Убушиева: проведение исследования, формальный анализ.

Н. В. Чимидова: ресурсы, верификация данных.

Б. Б. Дорджиева: верификация данных, визуализация.

Contributions:

A. V. Ubushieva: conceptualization, project administration, writing-review & editing.

A. Y. Gendzhiev: writing-original draft, resources.

V. S. Ubushieva: investigation, formal analysis.

N. V. Chimidova: resources, validation.

B. B. Dordzhieva: validation, visualization.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Machlin L.J. Role of Growth Hormone in Improving Animal Production. *Environ Qual Saf Suppl*. 1976;(5):43-55. PMID: 782872.
2. Dubovskova M.P. Genotyping of Hereford Cattle by Genes GHR, IGF-1 and GDF5. *Animal Husbandry and Fodder Production.* 2022;105(3):46-55. https://doi.org/10.33284/2658-3135-105-3-47
3. Dubovskova M.P., Gerasimov N.P. Characteristics of the Genetic Structure of a Herd of Breeding Hereford Bulls by Polymorphism of the Genes GH (C. 2141C>G) and TG5 (C. -422C>T) in the Dynamics of Generations. *Animal Husbandry and Fodder Production.* 2021;104(4):47-56. https://doi.org/10.33284/2658-3135-104-4-47
4. Lee J.-H., Lee Y.-M., Lee J.-Y., Oh D.-Y., Jeong D.-J., Kim J.-J. Identification of Single Nucleotide Polymorphisms (SNPs) of the Bovine Growth Hormone (bGH) Gene Associated with Growth and Carcass Traits in Hanwoo. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 2013;26(10):1359-1364. https://doi.org/10.5713/ajas.2013.13248
5. Dubovskova M.P., Gerasimov N.P. Genetic Structure and Association of Growth Hormone (L127v) and Leptin (A80V) Gene Polymorphism with Productivity in the North Caucasian Population of the Hereford Breed. *Animal Husbandry and Fodder Production.* 2020;103(3):91-101. https://doi.org/10.33284/2658-3135-103-3-91
6. Ardicli S., Samli H., Vatansever B., Soyudal B., Dincel D., Balci F. Comprehensive Assessment of Candidate Genes Associated with Fattening Performance in Holstein-Friesian Bulls. *Archives Animal Breeding*. 2019;62(1):9-32. https://doi.org/10.5194/aab-62-9-2019
7. Tait R.G. Jr., Cushman R.A., McNeel A.K., Casas E., Smith T.P.L., Freetly H.C., Bennett G.L. Calpain (CAPN1), Calpastatin (CAST), and Growth Hormone Receptor (GHR) Genetic Effects on Angus Beef Heifer Performance Traits and Reproduction. *Theriogenology*. 2018;113:1-7. https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2018.02.002
8. Sedykh T.A., Gizatullin R.S., Dolmatova I.Y., Gusev I.V., Kalashnikova L.A. Growth Hormone Gene Polymorphism in Relation to Beef Cattle Carcass Quality. *Russian Agricultural Sciences*. 2020;46(3):53-57. https://doi.org/10.3103/S1068367420030155
9. Plakhtyukova V., Selionova M. Influence of CAPN1 and GH Genotypes on Meat Productivity Indicators of Kazakh White-Headed Cattle. *Muratov A., Ignateva S., editors. Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East (AFE-2021). AFE 2021. Lecture Notes in Networks and Systems*. Vol. 354. Cham : Springer; 2022. p. 339-346. https://doi.org/10.1007/978-3-030-91405-9_37
10. Моисейкина Л.Г., Убушиева А.В., Убушиева В.С. Сравнительный анализ фенотипических данных и генетической структуры популяции крупного рогатого скота калмыцкой породы. *Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет)*. 2022;(4):167-174. https://doi.org/10.31677/2072-6724-2022-65-4-167-174
    Moiseikina L.G., Ubushieva A.V., Ubushieva V.S. Comparative Analysis of Phenotypic Data and Genetic Structure of the Kalmyk Cattle Breed Population. *Bulletin of NSAU (Novosibirsk State Agrarian University*). 2022;(4):167-174. (In Russ.). https://doi.org/10.31677/2072-6724-2022-65-4-167-174
11. Ubushieva A.V., Chimidova N.V., Turdumamov B.M., Boraeva L.N. Monitoring of the Gene Pool of Kalmyk Breed Cattle. *Socio-economic and Environmental Aspects of the Development of the Caspian Region : materials of the International Scientific and Practical Conference.* 2019;395-398
12. Chimidova N., Ubushieva A., Moiseikina L., Ubushieva V., Kalugina O., Kedeeva O. The Influence of Genetic Markers on the Productive Qualities of Young Kalmyk Breed. *Zokirjon Ugli K.S., Muratov A., Ignateva S., editors. Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East (AFE-2022). AFE 2023. Lecture Notes in Networks and Systems*. 2024;733:401-409. https://doi.org/10.1007/978-3-031-37978-9_43
13. Zhang H.M., Brown D.R., Denise S.K., Ax R.L. Nucleotide Sequence Determination of a Bovine Somatotropin Allele. *Animal Genetics*. 1992;23:578. https://doi.org/10.1111/j.1365-2052.1992.tb00192.x
14. Stolpovsky Y.A., Piskunov A.K., Svishcheva G.R. Genomic Selection. *Latest Trends and Possible Ways of Development. Russian Journal of Genetics.* 2020;56(9):1044-1054. https://doi.org/10.1134/S1022795420090114

15. Zalewska M., Puppel K., Sakowski T. Associations Between Gene Polymorphisms and Selected Meat Traits in Cattle-a Review. *Animal Bioscience*. 2021;34(9):1425-1438. https://doi.org/10.5713/ab.20.0672
16. Dubovskova M.P. Breeding Peculiarities of Hereford Cattle of the Dmitrievsky Intra-breed Type of the North Caucasian Population, Taking Into Account the Polymorphism of GH (L127v) and LEP/A80V. *Animal Husbandry and Fodder Production.* 2020;(4):85-95. https://doi.org/10.33284/2658-3135-103-4-85
17. Selionova M.I., Chizhova L.N., Dubovskova M.P., Surzhikova E.S., Kononova L.V., Sharko G.N. Features of Polymorphism of Growth Hormone (GH) and Calpain (CAPN1) Genes in Breeding Bulls of Beef Breeds. *Animal Husbandry and Fodder Production.* 2017;(2):65-72.
18. Михалюк А.Н. Сравнительная оценка генов соматотропина (GH) и диацилглицерол-о-ацилтрансферазы 1 (DGAT1) на показатели молочной продуктивности коров красной белорусской породной группы и коров белорусской черно-пестрой породы. *The Scientific Heritage.* 2020;(57-1):5-10.

    Mikhalyuk A.N. Comparative Assessment of the Influence of Somatotropin (GH) and Diacylglycerol-O-Acyltransferase 1 (DGAT1) Genes on the Milk Productivity Indicators of Cows of the Red Belarusian Breed Group and Cows of the Belarusian Black-and-White Breed. *The Scientific Heritage.* 2020;(57-1):5-10. (In Russ.).
19. Макаев Ш.А., Герасимов Н.П. Влияние полиморфизмов GH L127v и GHR F279Y на оценку по комплексу признаков бычков казахской белоголовой породы. *Молочное и мясное скотоводство.* 2024;(1):17-21. https://doi.org/10.33943/MMS.2024.48.70.003

    Makaev Sh.A., Gerasimov N.P. Influence of GH L127v and GHR F279Y Polymorphisms on the Evaluation of a Complex of Traits of Kazakh White-Headed Bulls. *Dairy and Beef Cattle Farming*. 2024;(1):17-21. (In Russ.). https://doi.org/10.33943/MMS.2024.48.70.003
20. Dzhulamanov K.M., Gerasimov N.P. Effects of GH L127v and TG5 C422T Polymorphisms on the Hormonal Profile, Slaughter Traits, and Meat Quality of Hereford Bulls. *Veterinary World*. 2024;17(8):1920-1927. https://doi.org/10.14202/vetworld.2024.1920-1927

Сведения об авторах

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

Генджиев Александр Ялмтаевич –
кандидат ветеринарных наук, доцент, Калмыцкий государственный университет им. Б. Б. Городовикова, Элиста, Россия
https://orcid.org/0009-0005-3946-689X
SPIN-код: 6864-1547
gend-alex08@mail.ru

Убушиева Виктория Саналовна –
ассистент, Калмыцкий государственный университет им. Б. Б. Городовикова, Элиста, Россия
https://orcid.org/0000-0003-0320-7771
SPIN-код: 1991-8614
vicki_93g@mail.ru

About the authors

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

Alexander Ya. 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

Victoria S. Ubushieva –
Assistant, Kalmyk State University
named after B. B. Gorodovikov, Elista, Russia
https://orcid.org/0000-0003-0320-7771
vicki_93g@mail.ru

Чимидова Надежда Васильевна –
кандидат биологических наук, доцент, Калмыцкий государственный университет им. Б. Б. Городовикова, Элиста, Россия

https://orcid.org/0000-0003-3043-091X

SPIN-код: 3221-7432

nadezhdatchimidova@yandex.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

Дорджиева Байрта Борлыковна –
студентка 4 курса, Калмыцкий государственный университет им. Б. Б. Городовикова,
Элиста, Россия

SPIN-код: 6892-3120

Bairta B. Dordzhieva –
student, Kalmyk State University
named after B. B. Gorodovikov, Elista, Russia

Исследовательская статья

УДК 633.11:631.85(470.62/67)

https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-3-78-87

Влияние фосфогипса нейтрализованного на содержание стабильного стронция в черноземе слабосолонцеватом и зерне озимой пшеницы в условиях Центрального Предкавказья

Ю.И. Гречишкина ✉, А.В. Матвиенко

Ставропольский государственный аграрный университет, г. Ставрополь, Россия

КОРРЕСПОНДЕНЦИЯ:
Юлия Ивановна Гречишкина
E-mail: lnwg@mail.ru

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:
Гречишкина Ю.И., Матвиенко А.В. Влияние фосфогипса нейтрализованного на содержание стабильного стронция в чернозёме слабосолонцеватом и зерне озимой пшеницы в условиях Центрального Предкавказья. *Аграрный вестник Северного Кавказа.* 2025;15(3):78-87. https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-3-78-87 EDN ZKWSYT

ПОСТУПИЛА: 10.06.2025
ДОРАБОТАНА: 24.08.2025
ПРИНЯТА: 05.09.2025

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ:
авторы сообщают об отсутствии конфликта интересов.

АННОТАЦИЯ

ВВЕДЕНИЕ. В почвенных условиях Центрального Предкавказья применение фосфогипса нейтрализованного в качестве химического мелиоранта является эффективным средством повышения продуктивности возделывания сельскохозяйственный культур на солонцовых почвах. Так как мелиорант в своем составе содержит стронций, необходимо подтверждение экологической безопасности его применения.

ЦЕЛЬ. Определить влияние последействия от внесения фосфогипса нейтрализованного на содержание стабильного стронция в черноземе обыкновенном слабосолонцеватом и зерне озимой пшеницы в условиях Центрального Предкавказья.

МЕТОДЫ. Работу выполняли в 2021–2024 гг. в производственном опыте в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края России на территории Андроповского муниципального округа. Изучали эффект от внесения различных доз фосфогипса нейтрализованного (5, 10, 15 и 20 т/га). Почва опытного участка – чернозем обыкновенный слабосолонцеватый. Отбор почвенных образцов в опыте проводился из пахотного (0–20 см) и подпахотного (20–40 см) слоев.

РЕЗУЛЬТАТЫ. Применение доз фосфогипса нейтрализованного не привело к статистически достоверному увеличению в почве содержания стабильного стронция, среднее за 3 года исследований содержание по вариантам опыта варьировало в интервале 109–132 мг/кг. В зерне озимой пшеницы было выявлено достоверное увеличение стабильного стронция на вариантах с внесением 10–20 т/га мелиоранта в интервале 0,44–0,68 мг/кг, при этом полученное соотношение кальция к стронцию подтвердило безопасность продукции.

ВЫВОДЫ. Применение фосфогипса нейтрализованного в дозах от 5 до 20 т/га на черноземе обыкновенном слабосолонцеватом не приводит к загрязнению стабильным стронцием почвы и зерна озимой пшеницы.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: фосфогипс нейтрализованный, дозы фосфогипса, чернозем обыкновенный, озимая пшеница, солонцеватые почвы, химическая мелиорация, стабильный стронций

Research article

https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-3-78-87

The effect of Neutralized Phosphogypsum on the Content of Stable Strontium in Slightly Saline Chernozem and Winter Wheat Grain in the Conditions of the Central Ciscaucasia

CORRESPONDENCE:
Yulia I. Grechishkina
E-mail: lnwg@mail.ru

FOR CITATION:
Grechishkina Yu.I., Matvienko A.V. The effect of Neutralized Phosphogypsum on the Content of Stable Strontium in Slightly Saline Chernozem and Winter Wheat Grain in the Conditions of the Central Ciscaucasia. *Agrarian Bulletin of the North Caucasus.* 2025;15(3):78-87. https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-3-78-87 EDN ZKWSYT

RECEIVED: 10.06.2025
REVISED: 24.08.2025
ACCEPTED: 05.09.2025

DECLARATION OF COMPETING INTEREST:
none declared.

Yulia I. Grechishkina ✉, Alexey V. Matvienko

Stavropol State Agrarian University,
Stavropol, Russia

ABSTRACT

INTRODUCTION. The use of neutralized phosphogypsum as a chemical ameliorant is an effective method for enhancing agricultural productivity on solonetz soils in the central Ciscaucasia region. However, given that the ameliorant contains strontium in its composition, confirmation of its environmental safety is required.

AIM. To determine the residual effect of neutralized phosphogypsum application on the content of stable strontium in slightly solonetzic common chernozem and winter wheat grain under the conditions of the central Ciscaucasia.

MATERIALS AND METHODS. The study was conducted from 2021 to 2024 in a production-scale experiment located in the zone of unstable moisture availability in the Stavropol Krai of Russia, within the Andropovsky municipal district. The effect of different application rates of neutralized phosphogypsum (5, 10, 15, and 20 t/ha) was investigated. The soil of the experimental site was slightly solonetzic common chernozem. Soil samples were collected from the plow layer (0–20 cm) and sub-plow layer (20–40 cm).

RESULTS. The application of neutralized phosphogypsum rates did not result in a statistically significant increase in the stable strontium content in the soil. The average content over the three years of study across the experimental treatments varied within the range of 109–132 mg/kg. A significant increase in stable strontium was detected in winter wheat grain in treatments with the application of 10–20 t/ha of the ameliorant, ranging from 0.44 to 0.68 mg/kg. However, the resulting calcium-to-strontium ratio confirmed the safety of the produced grain.

CONCLUSION. The application of neutralized phosphogypsum at rates ranging from 5 to 20 t/ha on slightly solonetzic common chernozem does not lead to contamination of the soil or winter wheat grain with stable strontium.

KEYWORDS: neutralized phosphogypsum, phosphogypsum doses, common chernozem, winter wheat, brackish soils, chemical reclamation, stable strontium

ВВЕДЕНИЕ

Для Российской Федерации химическая мелиорация солонцовых почв является довольно актуальной проблемой, так как на данные почвы приходится порядка 22,9 млн га [1]. Одним из самых эффективных способов повышения эффективности сельскохозяйственного производства на таких почвах является проведение гипсования с внесением фосфогипса в солонцовый горизонт [2]. Данный мелиорант является крупнотоннажным побочным продуктом при производстве фосфорных удобрений [3]. В своем составе он содержит кальций, серу, фосфор и ряд микроэлементов, что определяет его ценность для восстановления деградированных земель и повышения их плодородия [4–6].

Отвалы фосфогипса представляют собой определенную проблему для экологии, они оказывают негативное влияние не только на почву прилегающей территории, но и на подземные и поверхностные воды. Опасные вещества из отвалов попадают в окружающую среду со стоком атмосферных осадков или переносятся ветром в качестве пыли [7]. Данные экологические проблемы вызывают опасения среди представителей научного сообщества многих стран [8; 9].

При использовании фосфогипса в качестве мелиоранта ученые рекомендуют проводить периодический мониторинг экологической безопасности почвы [10]. Это обусловлено содержанием в нем таких опасных элементов, как фтор, свинец, мышьяк, ртуть, кадмий и др. [11]. Вторым по опасности среди элементов, содержащихся в фосфогипсе, является стабильный стронций (Sr) [12]. Стронций в фосфогипсе содержится в значительном объеме (до 3,5 %), цифры сопоставимы с его содержанием в фосфорных удобрениях или даже превышают их [13]. Опасность стронция обусловлена конкурентным взаимодействием с кальцием в процессах абсорбции, транспорта, биораспределения и накопления в костях [14]. Так, проводимые ранее исследования выявили, что при внесении 5 т/га фосфогипса содержание стронция в зерне озимой пшеницы хоть и не критически, но увеличилось [15].

Фосфогипс нейтрализованный только относительно недавно получил широкое распространение на территории Российской Федерации. Новые свойства, которые он приобретает в ходе процесса нейтрализации, вызывают исследовательский интерес [16]. 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 [17]. При этом количество стабильного стронция в мелиоранте снижается до 0,46 % [18]. Данную технологию обработки фосфогипса перед использованием рекомендуют и в международных исследовательских кругах, обосновывая это снижением потенциальных экологических и медицинских рисков [19]. Однако, несмотря на очевидные агроэкологические преимущества фосфогипса нейтрализованного, в настоящее время недостаточно публикаций по оценке его экологической безопасности на черноземах слабосолонцеватых Центрального Предкавказья.

Целью статьи является определение эффекта от внесения различных доз фосфогипса нейтрализованного на содержание стабильного стронция в черноземе обыкновенном слабосолонцеватом и зерне озимой пшеницы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалы

В качестве объектов исследования выступили фосфогипс нейтрализованный (Фгн), чернозем обыкновенный слабосолонцеватый 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 опытном участке объектом исследования выступила озимая пшеница сорта «Адель» селекции Национального центра зерна имени П. П. Лукьяненко, г. Краснодар, Россия. Сорт, допущенный к использованию в Северо-Кавказском регионе с 2014 г., характеризуется средней высотой стебля, повышенной устойчивостью к полеганию и высокой засухоустойчивостью при средней морозоустойчивости. Качество зерна соответствует категории «ценных». Потенциал урожайности в условиях региона оценивается в среднем в 4,16 т/га.

Методы

В рамках эксперимента, руководствуясь методикой регистрационных испытаний агрохимикатов (2018 г.), был проведен отбор проб почвы для последующего агрохимического и агроэкологического анализа. Параллельно осуществлялся биологический учет урожайности с отбором образцов продукции с каждой делянки для лабораторных исследований.

Содержание стабильного стронция в почве определяли в соответствии с методическими указаниями по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства [20]. Для анализа образцов зерна озимой пшеницы использовали ГОСТ 30178–96 (Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов, определение стабильного стронция, кадмия и свинца).

Лабораторные анализы выполнены в испытательном центре Ставропольского филиала ФГБУ «Агрохимическая служба России», ранее ФГБУ ГЦАС «Ставропольский».

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 м^2. Повторность опыта – трехкратная.

Данные исследования являются частью комплексной работы по оценке агроэкологического влияния фосфогипса на почву и растения. Агрономический аспект этого влияния мы уже раскрыли в нашей предыдущей статье [21], в данной же публикации сконцентрируем внимание на содержании стабильного стронция.

Полевой опыт был заложен в 2020 году. Подготовительный этап включал агрохимическое обследование участка, химический анализ фосфогипса и разработку схемы опыта. С помощью метода порога коагуляции высокодисперсных частиц была установлена оптимальная мелиорирующая доза нейтрализованного фосфогипса – 10 т/га. 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.

В 2021 г. для внесения мелиоранта на опытный участок был использован трактор New Holland 8040 с разбрасывателем UMEGA PI 20. Внесение выполнено по чистому пару. Затем фосфогипс нейтрализованный залущен и перемешан с почвой с помощью дисковой бороны Rubin. Заделка в почву осуществлено 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}. Для внесения удобрений использован разбрасыватель минеральных удобрений AMAZONE в сочетании с трактором New Holland 5670.

Почва опытного участка представлена черноземом обыкновенным слабосолонцеватым глубокосильносолончаковатым 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.

Отбор образцов зерна выполнен ручным способом в лучшие агротехнические сроки. Отбор почвенных

образцов для определения содержания стабильного стронция в пахотном (0–20 см) и подпахотном (20–40 см) слоях почвы проводили ежегодно после уборки урожая.

Анализ данных

Анализ и статистическую обработку результатов полевого опыта осуществляли методом дисперсионного анализа ежегодно с финальным обобщением данных за 3 года наблюдений. В качестве методической основы использованы указания Б. А. Доспехова [22]. Данный метод общепринят для интерпретации биологических и сельскохозяйственных исследований, учитывает воздействие как регулируемых, так и случайных факторов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Наблюдения показали, что вегетационный период 2024 г. существенно отличается по климатическим показателям от аналогичных периодов 2022–2023 гг. Для анализа использовался не календарный, а сельскохозяйственный год, границы которого определены периодом вегетации озимой пшеницы. Суммарное количество осадков в 2022 и 2023 гг. было близко к норме, составив 101 и 107 % соответственно. В то же время в 2024 г. этот показатель достиг лишь 74 % от многолетней нормы, что указывает на значительный дефицит влаги в течение вегетационного периода. Ситуацию усугубляло крайне неравномерное распределение осадков: в ноябре их выпало 210 % от нормы, в декабре – 119 %, а в январе – 115 %. Что касается температурного режима, то во все годы наблюдений отмечалось отклонение среднесуточной температуры воздуха в сторону повышения. Так, в 2022 г. превышение составило +2,1 °С, в 2023 г. – +2,4 °С, а в 2024 г. температура была выше нормы на +4,0 °С.

Для контроля содержания стабильного стронция в течение трех лет исследований мы провели лабораторный анализ зерна озимой пшеницы и почвенных образцов по слоям.

Поскольку стабильный стронций представляет опасность для живых организмов не напрямую, а как биохимический аналог кальция, участвующий в тех же процессах, его предельно допустимая концентрация в почве и зерне официально не регламентирована. Анализ научных источников показал, что критерием безопасности сельскохозяйственной продукции служит соотношение Ca/Sr, которое должно составлять не менее 140/1. Что касается непосредственно почвы, то, согласно исследованиям, верхний безвредный предел содержания в ней стабильного стронция составляет 600 мг/кг [20].

В первый год после внесения мелиоранта дисперсионный анализ полученных данных показал, что достоверного статистически значимого влияния на содержание стабильного стронция в почве выявлено не было, несмотря на наблюдаемый разброс значений (таблица 1).

Таблица 1
Влияние фосфогипса нейтрализованного на содержание стабильного стронция в черноземе обыкновенном слабосолонцеватом и зерне озимой пшеницы в 2022 г., мг/кг

Table 1
The effect of neutralized phosphogypsum on the content of stable strontium in slightly salted common chernozem and winter wheat grain in 2022, mg/kg

Варианты / показатели	Почва, слой 0–20 см		Почва, слой 20–40 см		Зерно		
	Значение	Δ±	Значение	Δ±	Значение	Δ±	Ca/Sr
1. Контроль	101	–	97	–	1,07	–	806/1
2. ФГн 5 т/га	119	18	125	28	1,55	0,48	381/1
3. ФГн 10 т/га	107	6	104	7	1,07	0,00	403/1
4. ФГн 15 т/га	109	8	107	10	2,08	1,01	176/1
5. ФГн 20 т/га	153	52	144	47	1,33	0,26	426/1
НСР 05	18	–	39	–	0,55	–	–
F05	3,48	–	3,48	–	3,48	–	–
Fф	1,33	–	2,46	–	5,77	–	–
Sx%	5,33	–	10,86	–	12,35	–	–

В пахотном горизонте концентрация стабильного стронция варьировала в диапазоне от 101 до 153 мг/кг, а в подпахотном – от 97 до 144 мг/кг. Хотя при внесении нейтрализованного фосфогипса в дозе 20 т/га расхождение с контрольным вариантом превышало величину наименьшей существенной разницы (НСР), полученное значение F-критерия оказалось ниже порогового уровня. Таким образом, нулевая гипотеза об отсутствии значимых эффектов от применения мелиоранта не может быть отвергнута.

Что касается содержания стабильного стронция в зерне озимой пшеницы, то внесение 15 т/га нейтрализованного фосфогипса достоверно его увеличило на 1,01 мг/кг. Однако этот факт не представляет угрозы, поскольку даже минимальное значение соотношения Ca/Sr (176/1) превышало безопасный порог (140/1). Это минимальное для 2022 года значение подтверждает безопасность всей продукции.

Содержание стронция в зерне по опыту варьировалось в диапазоне 1,07–2,08 мг/кг. В исследованиях наших коллег из Ростовской области при внесении 5 т/га фосфогипса на черноземе обыкновенном карбонатном содержание стабильного стронция в зерне озимой пшеницы составило в среднем по варианту 1,32 мг/кг, что полностью соотносится с нашими результатами [15]. Также эти показатели укладываются в общий диапазон значений для зерновых культур 0,48–3,2 мг/кг [11].

На второй год исследований содержание стабильного стронция в почве варьировалось в пределах 117–153 мг/кг в пахотном слое и 106–128 мг/кг в подпахотном. Различия между опытными вариантами были статистически незначимы и не превышали значения наименьшей существенной разницы (таблица 2).

Одновременно с этим общее содержание стабильного стронция возросло в зерне озимой пшеницы. Достоверное увеличение на 0,51–0,79 мг/кг было вызвано внесением нейтрализованного фосфогипса в расчетной (10 т/га) и повышенных (15 и 20 т/га) дозах мелиоранта, при этом максимальный прирост наблюдался при дозе 10 т/га. Несмотря на это, экологическая безопасность продукции не была нарушена: минимальное зафиксированное соотношение Ca/Sr (191/1) превышало безопасный порог, а общее содержание стронция варьировалось в пределах 2,13–2,92 мг/кг.

На третий год исследований в почве также не было выявлено статистически значимого влияния доз фосфогипса нейтрализованного на содержание стабильного стронция. Интервалы значений его содержания по слоям почвы составили 107–124 и 109–125 мг/кг соответственно (таблица 3).

Таблица 2
Влияние фосфогипса нейтрализованного на содержание стабильного стронция в черноземе обыкновенном слабосолонцеватом и зерне озимой пшеницы в 2023 г., мг/кг

Table 2
The effect of neutralized phosphogypsum on the content of stable strontium in slightly salted common chernozem and winter wheat grain in 2023, mg/kg

Варианты / показатели	Почва, слой 0–20 см		Почва, слой 20–40 см		Зерно		
	Значение	Δ±	Значение	Δ±	Значение	Δ±	Ca/Sr
1. Контроль	131	–	114	–	2,13	–	283/1
2. ФГн 5 т/га	149	18	128	14	2,26	0,12	255/1
3. ФГн 10 т/га	153	22	118	4	2,92	0,79	217/1
4. ФГн 15 т/га	117	–14	126	12	2,65	0,51	201/1
5. ФГн 20 т/га	121	–10	106	–8	2,79	0,66	191/1
НСР 05	42	–	21	–	0,37	–	–
F05	3,48	–	3,48	–	3,48	–	–
Fф	1,48	–	1,94	–	8,37	–	–
Sx%	9,85	–	5,53	–	4,63	–	–

Таблица 3
Влияние фосфогипса нейтрализованного на содержание стабильного стронция в черноземе обыкновенном слабосолонцеватом и зерне озимой пшеницы в 2024 г., мг/кг

Table 3
The effect of neutralized phosphogypsum on the content of stable strontium in slightly salted common chernozem and winter wheat grain in 2024, mg/kg

Варианты / показатели	Почва, слой 0–20 см		Почва, слой 20–40 см		Зерно		
	Значение	Δ±	Значение	Δ±	Значение	Δ±	Ca/Sr
1. Контроль	107	–	116	–	2,13	–	360/1
2. ФГн 5 т/га	112	5	109	–7	2,05	–0,09	376/1
3. ФГн 10 т/га	124	17	125	9	2,67	0,53	319/1
4. ФГн 15 т/га	124	17	115	–1	2,64	0,51	328/1
5. ФГн 20 т/га	122	15	118	2	2,80	0,67	274/1
НСР 05	16	–	13	–	0,45	–	–
F05	3,48	–	3,48	–	3,48	–	–
Fф	1,83	–	2,19	–	5,82	–	–
Sx%	4,39	–	3,54	–	5,79	–	–

Результаты анализа зерна озимой пшеницы за третий год исследований подтвердили тенденцию, выявленную ранее: внесение нейтрализованного фосфогипса в расчетной (10 т/га) и повышенных (15, 20 т/га) дозах вновь привело к достоверному увеличению содержания стабильного стронция в зерне озимой пшеницы на 0,51–0,67 мг/кг. При этом даже минимальное значение соотношения Ca/Sr (247/1) значительно превышало безопасный порог, что гарантирует отсутствие рисков для потребителей сельскохозяйственной продукции. Общее содержание элемента в зерне в 2023 году не выходило за пределы диапазона 2,13–2,80 мг/кг.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты трехлетнего мониторинга демонстрируют дифференцированное накопление стабильного стронция в почвенных горизонтах в зависимости от применяемой дозы фосфогипса нейтрализованного. В пахотном слое почвы (0–20 см) максимальная концентрация стабильного стронция была зарегистрирована на варианте с внесением нейтрализованного фосфогипса в дозе 20 т/га, где она составила 132 мг/кг. Статистически неразличимые между собой значения содержания элемента наблюдались при применении доз в 5 и 10 т/га, составившие 128 и 127 мг/кг соответственно. Минимальное содержание стронция в данном слое почвы отмечено при дозе мелиоранта 15 т/га – 121 мг/кг. В подпахотном слое почвы распределение стабильного стронция несколько отличается. Наибольшее содержание стабильного стронция зафиксировано при внесении 5 и 15 т/га фосфогипса нейтрализованного, оно составило 121 мг/кг. При дозе 10 т/га содержание элемента составило 116 мг/кг. Наименьшая концентрация в 112 мг/кг обнаружена на варианте с максимальной исследуемой дозой мелиоранта (20 т/га).

Учитывая тот факт, что в течение всех трех лет наблюдений статистической разницы между вариантами не наблюдалось, считаем, что применение фосфогипса нейтрализованного на черноземе обыкновенном слабосолонцеватом в дозах от 5 до 20 т/га не приводит к существенному увеличению стабильного стронция в почве.

Статистическая обработка усредненных за период исследований данных по содержанию стабильного стронция в зерне озимой пшеницы продемонстрировала достоверность полученных данных. Среднее содержание варьировало по вариантам опыта от 1,78 до 2,45 мг/кг. Увеличение относительно контроля выявлено на вариантах с применением расчетной (10 т/га) и повышенных доз (15 и 20 т/га) фосфогипса нейтрализованного и составило 0,44, 0,68 и 0,53 мг/кг соответственно. Среднее за три года минимальное значение соотношения Ca/Sr составило 233/1, что существенно превышает безопасный порог. Это позволяет сделать вывод об отсутствии опасной тенденции к накоплению стабильного стронция в зерне озимой пшеницы в течение всего периода наблюдений.

Вклад авторов

Ю. И. Гречишкина: руководство исследованием, 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.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Бабенко А.А., Бабичев А.Н. Влияние доз химических мелиорантов на степень засоления почвы и состав почвенного поглощающего комплекса. *Пути повышения эффективности орошаемого земледелия.* 2025;1(95):265-281.

   Babenko A.A., Babichev A.N. Impact of Chemical Ameliorant Doses on the Degree of Salinity and Soil Absorption Complex Composition. *Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture*. 2025;1(95):265-281. (In Russ.).
2. Некрасов Р.В., Шеуджен А.Х., Байбеков Р.Ф. и др. Агроэкономические и экологические аспекты химической мелиорации засоленных почв. *Земледелие*. 2021;8:3-7.

   Nekrasov R.V., Sheudzhen A.Kh., Baibekov R.F. et al. Agroeconomic and Ecological Aspects of Chemical Reclamation of Saline Soils. *Agriculture*. 2021;8:3-7. (In Russ.).
3. Soumya N., Mishra C.S.K., 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.
4. Maina L.W., Kiegiel K., Zakrzewska G. Challenges and Strategies for the Sustainable Environmental Management of Phosphogypsum. *Sustainability*. 2025;17.3473. https://doi.org/10.3390/su17083473
5. Qi J., Zhu H., Zhou P., Wang X. 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
6. Mu L., Zhou H., Li. A., Wang. L. The Effects of the Combined Application of Biochar and Phosphogypsum on the Physicochemical Properties of Cd-Contaminated Soil and the Yield Quality of Chinese Cabbage. *Agriculture.* 2024;14(11):1865. https://doi.org/10.3390/agriculture14111865
7. Цыганова А.А., Хрипович А.А., Зеленухо Е.В., Скуратович И.В. Использование фосфогипса при рекультивации засоленных земель. *Вестник Брестского государственного технического университета.* 2025;1(136):165-170. https://doi.org/10.36773/1818-1112-2025-136-1-165-170

   Tsyganova A.A., Khripovich A.A., Zelenukho E.V., Skuratovich I.V. Use of Phosphogypsum in the Reclamation of Saline Lands. *Bulletin of the Brest State Technical University.* 2025;1(136):165-170. (In Russ.). https://doi.org/10.36773/1818-1112-2025-136-1-165-170
8. Maina L.W., Kiegiel K., Chajduk E., Zakrzewska G. Chemical and Radiochemical Characterization of Phosphogypsum from Poland. *Nukleonika*. 2024;69(2):113-117. https://doi.org/10.2478/nuka-2024-0016
9. Jin Y., Yang D., Wu Y., Zhou F. 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
10. Куликова Е.В., Горбунова Н.С., Куликов Ю.А. Влияние мелиорации фосфогипсом на экологическое состояние черноземов Каменной степи. *Вестник Воронежского государственного аграрного университета.* 2023;16,2(77):81-89.

    Kulikova E.V., Gorbunova N.S., Kulikov Yu.A. Effect of Reclamation with Phosphogypsum on the Ecological Status of Chernozem Soils of the Kamennaya Steppe. *Bulletin of the Voronezh State Agrarian University*. 2023;2(77):81-89. (In Russ.).
11. Любимова И.Н., Борисочкина Т.И. *Влияние потенциально-опасных химических элементов, содержащихся в фосфогипсе, на окружающую среду*. Российская акад. с.-х. наук, Гос. науч. учреждение Почвенный ин-т им. В. В. Докучаева. Москва : ГНУ Почвенный ин-т им. В. В. Докучаева РАСХН; 2007.46.

Lyubimova I.N., Borisochkina T.I. *Influence of Potentially Dangerous Chemical Elements Contained in Phosphogypsum on the Environment*. Russian Academy of Agricultural Sciences, State Scientific Institution Soil Institute Named after V. V. Dokuchaev. Moscow : GNU Soil Institute Named after V. V. Dokuchaev, RASN; 2007.46. (In Russ.).

12. Гречишкина Ю.И., Матвиенко А.В. Влияние фосфогипса нейтрализованного на содержание стронция стабильного в почве и зерне озимой пшеницы на черноземе слабосолонцеватом в условиях Центрального Предкавказья. *Фундаментальные и прикладные научные исследования: инноватика в современном мире* : *сборник научных статей по материалам X Международной научно-практической конференции в 3 частях*. Уфа, 21 марта 2023 года. Том Часть 1. Уфа : Общество с ограниченной ответственностью «Научно-издательский центр «Вестник науки»; 2023;157-161.

    Grechishkina Yu.I., Matvienko A.V. The Effect of Neutralized Phosphogypsum on the Stable Strontium Content in Soil and Grain of Winter Wheat on Slightly Saline Chernozem in the Conditions of the Central Ciscaucasia. *Fundamental and Applied Scientific Research: Innovation in the Modern World : a Collection of Scientific Articles Based on the Materials of the X International Scientific and Practical Conference in 3 Parts.* Ufa, March 21, 2023. Volume Part 1. Ufa : Limited Liability Company Scientific Publishing Center «Bulletin of Science»; 2023;157-161. (In Russ.).

13. Belyuchenko I.S. Features of Mineral Waste and the Expediency of their Use in the Formation of Complex Composts. *Polythematic Online Scientific Journal of Kuban State Agrarian University*. 2014;101:875-895.

14. Гмошинский И.В., Хотимченко С.А. Стабильный стронций в окружающей среде и пищевой продукции: токсичность, оценка экспозиции и потенциальных рисков. *Анализ риска здоровью – 2024 : материалы XIV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием*. В 2 томах, Пермь, 15–16 мая 2024 года. Пермь : Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения. 2024;292-301.

    Gmoshinsky I.V., Khotimchenko S.A. Stable Strontium in the Environment and Food Products: Toxicity, Assessment of Exposure and Potential Risks*. Health Risk Analysis – 2024: Proceedings of the XIV All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation.* In 2 volumes, Perm, May 15–16, 2024. Perm : Federal Scientific Center for Medical and Preventive Technologies for Public Health Risk Management. 2024;292-301. (In Russ.).

15. 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. *Plodorodie*. 2020;5(116):66-68. (In Russ.). https://doi.org/10.25680/S19948603.2020.116.19

16. Аканова Н.И. Фосфогипс нейтрализованный – перспективное агрохимическое средство интенсификации земледелия. *Плодородие*. 2013;1(70):2-7.

    Akanova N.I. Neutralized Phosphogypsum is a Promising Agrochemical Means of Agricultural Intensification. *Plodorodie*. 2013;1(70):2-7. (In Russ.).

17. Агапова П.В., Киселев М.В., Фрейдкин И.А. Оценка биологической эффективности применения обесфторенного фосфогипса в качестве удобрения в последействии. *Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета*. 2024;1(75):48-57. https://doi.org/10.24411/2078-1318-2023-5-72-80

    Agapova P.V., Kiselev M.V., Freidkin I.A. Assessment of Biological Efficiency of Application of Defluorinated Phosphogypsum as Residual Fertilizer. *Proceedings of the St. Petersburg State Agrarian University.* 2024;1(75):48-57. (In Russ.). https://doi.org/10.24411/2078-1318-2023-5-72-80

18. Байбеков Р.Ф., Шильников И.А., Аканова Н.И. и др. *Научно-практические рекомендации по применению фосфогипса нейтрализованного в качестве химического мелиоранта и серного удобрения.* Министерство сельского хозяйства РФ, Рос. акад. с.-х. наук, Всерос. науч.-исслед. ин-т агрохимии им. Д. Н. Прянишникова. Москва : Всерос. науч.-исслед. ин-т агрохимии им. Д. Н. Прянишникова; 2012.56.

    Baibekov R.F., Shilnikov I.A., Akanova N.I. et al. *Scientific and Practical Recommendations on the Use of Neutralized Phosphogypsum as a Chemical Meliorant and Sulfur Fertilizer*. Ministry of Agriculture of the Russian Federation, Russian Academy of Agricultural Sciences, All-Russian Scientific Re-

search. D.N. Pryanishnikov Institute of Agrochemistry. Moscow : All-Russian Scientific Research. D.N. Pryanishnikov Institute of Agrochemistry; 2012.56. (In Russ.).

19. Luo A., Li J., Xiao Y., He Z. Engineering Soil Quality and Water Productivity Through Optimal Phosphogypsum Application Rates. *Agronomy.* 2024;15(1):35. https://doi.org/10.3390/agronomy15010035
20. Кузнецов А.В. и др. *Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства.* Центр. ин-т агрохим. обслуж. сел. хоз-ва. 2-е изд., перераб. и доп. Москва : ЦИНАО; 1992.61

    Kuznetsov A.V. et al. *Guidelines for the Determination of Heavy Metals in Farmland Soils and Crop Production.* Center. agrochem Institute. rural household services. 2nd ed., revised and add. Moscow : TsINAO; 1992.61. (In Russ.).
21. 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

    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. (In Russ.). https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-2-63-73 EDN VQYVVA
22. Доспехов Б.А. *Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований).* Изд. 6-е, стер. Москва : Альянс; 2011.351.

    Dospekhov B.A. *Methodology of Field Experience (With the Basics of Statistical Processing of Research Results)*. 6th ed., erased. Moscow : Alliance; 2011.351. (In Russ.).

Сведения об авторах

Гречишкина Юлия Ивановна –
доктор сельскохозяйственных наук,
профессор кафедры агрохимии и физиологии растений, Ставропольский государственный аграрный университет, Ставрополь, Россия

https://orcid.org/0000-0003-2236-5724

SPIN-код: 1062-0407

lnwg@mail.ru

Матвиенко Алексей Викторович –
аспирант, Ставропольский государственный аграрный университет, Ставрополь, Россия

https://orcid.org/0009-0006-7568-9668

SPIN-код: 7188-2197

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,
Stavropol State Agrarian University, Stavropol, Russia

https://orcid.org/0009-0006-7568-9668

stavgeo@rambler.ru

Исследовательская статья

УДК 633.22:502.05(470.62/.67)

https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-3-88-97

Ресурсный потенциал дикорастущих популяций ежи сборной (*Dactylis glomerata* L.) в Южном и Северо-Кавказском федеральных округах России: результаты экспедиционных обследований

КОРРЕСПОНДЕНЦИЯ:
Вера Владимировна Чумакова
E-mail: sosna777@bk.ru

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:
Чумакова В.В., Миронова Т.М., Чумаков В.Ф., Деревянникова М.В. Ресурсный потенциал дикорастущих популяций ежи сборной (*Dactylis glomerata* L.) в Южном и Северо-Кавказском федеральных округах России: результаты экспедиционных обследований. *Аграрный вестник Северного Кавказа.* 2025;15(3):88-97. https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-3-88-97 EDN RMHLMQ

ПОСТУПИЛА: 23.05.2025
ДОРАБОТАНА: 28.08.2025
ПРИНЯТА: 05.09.2025

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ:
авторы сообщают об отсутствии конфликта интересов.

ФИНАНСИРОВАНИЕ:
Работа выполнена при поддержке Гранта РНФ по научному проекту «Генетическое разнообразие популяций *Dactylis glomerata* L. как источник ценного исходного материала для селекции на продуктивность и качество», Соглашение № 24-26-00030 от 29.12.2023

В.В. Чумакова ✉, Т.М. Миронова, В.Ф. Чумаков, М.В. Деревянникова

Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр

г. Михайловск, Ставропольский край, Россия

АННОТАЦИЯ

ВВЕДЕНИЕ. Успех селекционной работы с ежой сборной во многом определяется подбором и использованием ценного исходного материала, которым являются дикорастущие формы местного происхождения. Биологическое разнообразие природных дикорастущих популяций позволяет выделить для селекции генетические источники устойчивости к абиотическим факторам среды, интенсивности отрастания, продуктивного долголетия.

ЦЕЛЬ. Изучить распространение природных популяций ежи сборной в Южном и Северо-Кавказском федеральных округах России и отобрать перспективные для использования в селекционной работе дикорастущие формы.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ. Работу выполняли в 2024–2025 гг. в рамках проведения 17 выездов в 15 муниципальных районов Ставропольского и Краснодарского краев, республик Калмыкия, Адыгея и Карачаево-Черкесия в соответствии с методическими указаниями по проведению экспедиционных обследований Всероссийского института генетических ресурсов растений им. Н. И. Вавилова.

РЕЗУЛЬТАТЫ. Исследования выявили значительное морфологическое и биологическое разнообразие дикорастущих популяций ежи сборной, включая высокорослые (до 175 см), устойчивые к полеганию, и низкорослые (до 40 см) формы, имеющие только вегетативные побеги. Особый интерес представляют адаптивные свойства различных экотипов – от засухоустойчивых популяций Калмыкии до влаголюбивых форм Краснодарского края и Адыгеи, демонстрирующих высокий потенциал для использования в селекции.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Организация и проведение экспедиционных обследований позволили пополнить коллекционный фонд генетических ресурсов ежи сборной дикорастущими формами, которые по результатам интродукционного изучения и оценки в коллекционном питомнике будут использованы в селекционной работе Северо-Кавказского федерального научного аграрного центра.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ежа сборная, экспедиция, дикорастущие образцы, пополнение коллекции, генисточники ценных признаков

Research article

https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-3-88-97

Resource Potential of Wild Populations of Cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.) from the Southern and North Caucasian Federal Districts of Russia: Findings from an Expedition Survey

CORRESPONDENCE:
Vera V. Chumakova
E-mail: sosna777@bk.ru

FOR CITATION:
Chumakova V.V., Mironova T.M., Chumakov V.F., Derevyannikova M.V. Resource Potential of Wild Populations of Orchard Grass (*Dactylis glomerata* L.) from the Southern and North Caucasian Federal Districts of Russia: Findings from an Expedition Survey. *Agrarian Bulletin of the North Caucasus.* 2025;15(3):88-97. https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-3-88-97 EDN RMHLMQ

RECEIVED: 23.05.2025
REVISED: 28.08.2025
ACCEPTED: 05.09.2025

DECLARATION OF COMPETING INTEREST:
none declared.

FUNDING:
The work was supported by the Russian Science Foundation Grant for the scientific project «Genetic diversity of *Dactylis glomerata* L. populations as a source of valuable starting material for breeding for productivity and quality», Agreement No. 24-26-00030 dated 12/29/2023

Vera V. Chumakova ✉, Tatiana M. Mironova, Valery F. Chumakov, Marina V. Derevyannikova

Federal State Budgetary Scientific Institution «North Caucasus Federal Scientific Agrarian Center»
Mikhailovsk, Stavropol Territory, Russia

ABSTRACT

INTRODUCTION. The success of breeding work with cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.) is largely determined by the selection and use of valuable source material, which are wild forms of local origin. The biological diversity of natural wild populations makes it possible to identify genetic sources of winter hardiness, resistance to abiotic environmental factors, regrowth intensity, and productive longevity for breeding.

AIM. To study the potential for the spread of natural populations of the plant in the North Caucasus and Southern regions of Russia and to select promising wild forms for use in breeding work.

MATERIAL AND METHODS. The work was carried out in 2024–2025 as part of 17 trips to 15 municipal districts of the Stavropol and Krasnodar Territories, the Republics of Kalmykia, Adygea and Karachay-Cherkessia in accordance with the methodological guidelines for expeditionary surveys of the All-Russian Institute of Plant Genetic Resources named after N.I. Vavilov.

RESULTS. The study revealed significant morphological and biological diversity of wild populations of the cocksfoot, including lodging-resistant tall (up to 175 cm) and low-growing (up to 40 cm) with vegetative shoots forms. Of particular interest are the adaptive properties of various ecotypes – from drought-resistant populations of Kalmykia to moisture-loving forms of the Krasnodar Territory and Adygea, demonstrating high potential for use in breeding.

CONCLUSION. The organization and conduct of expeditionary surveys made it possible to replenish the collection fund of genetic resources of orchard grass with wild forms. Based on the results of introduction studies and evaluation in the collection nursery, these forms will be used in the breeding work of the North Caucasian Federal Scientific Agrarian Center.

KEYWORDS: cocksfoot, expedition, wild-growing specimens, replenishment of the collection, genetic sources of valuable traits

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время ежа сборная (*Dactylis glomerata* L.) является одной из самых перспективных и широко востребованных злаковых трав. По значению она входит в число четырех лучших кормовых злаковых трав в мире [1; 2; 3]. Ежа сборная является ценной раннеспелой кормовой культурой, обладающей хорошей урожайностью и отличными кормовыми качествами. Используется в травосмесях при создании долголетних сенокосов и пастбищ, а также в полевых севооборотах в одновидовых посевах и смеси с многолетними бобовыми и другими злаковыми травами. Ежа отличается высокой облиственностью (58–64 % в первом и 90–94 % во втором укосах), многоотавностью, высоким содержанием протеина (11–16 %), долголетием, интенсивным ростом и развитием, урожайностью кормовой массы [4; 5; 6].

По данным J. Wu, общая площадь местообитаний ежи сборной в мире составляет 2133,01x10^4 км^2 [7]. Растение рассеяно неравномерно по континентам. Отмечается сокращение площадей распространения ежи сборной в низких широтах и увеличение в более высоких [8]. Во многих регионах южного полушария территории под ежой сборной становятся непригодными для ее произрастания по мере увеличения выбросов парниковых газов [9].

По мнению ряда зарубежных авторов, вид ежи сборной является единственным в роде *Dactylis* с выделением до 15 региональных подвидов. Среди них есть тетраплоидные и диплоидные подвиды, довольно редко встречаются гексаплоилные формы [10; 11]. По мнению итальянских исследователей I. Annese, E. Cazzato, A. Corleto, а также американских ученых R. C. Martin, R. R. Martin, M. L. Puthan, природные экотипы подвида *glomerata* используются в селекции для увеличения выхода сухого вещества, а подвида *hispanica* – для снижения содержания клетчатки [12].

В нашей стране произрастают три вида ежи: сборная, Ашерсона и Воронова [13; 14]. Наиболее распространена ежа сборная (*Dactylis glomerata* L.), она возделывается в культуре и имеет большое значение в решении проблемы увеличения производства кормов. В природе ежа сборная довольно широко распространена как в горных и предгорных, так и в равнинных местообитаниях. Наиболее обильна в горностепном и лугостепном поясах. Поднимаясь, охватывает и субальпийскую зону до высоты 2000–2600 м над уровнем моря. Успешно может расти на полянах, опушках и в разреженных лесах [15].

Повышение эффективности возделывания ежи сборной возможно только на основе использования современных высокоурожайных сортов культуры, приспособленных к возделыванию в конкретных почвенно-климатических условиях. Успех селекционной работы определяется генетическим разнообразием и степенью изученности исходного материала, применением современных эффективных методов селекции [16]. Ежа сборная является довольно полиморфным видом, имеет множество экотипов, различающихся по морфологическим признакам и биологическим особенностям. При создании новых сортов ежи сборной большое внимание уделяется зимостойкости как одному из важных факторов надежности и урожайности культуры. Важными показателями в селекции культуры являются устойчивость к болезням и вредителям, полеганию, осыпаемости семян и морозам [17].

Селекционная работа с ежой сборной в Северо-Кавказском федеральном научном аграрном центре (ФНАЦ) началась с конца 70-х годов прошлого столетия. Был привлечен широкий набор коллекционного материала из Всероссийского института генетических ресурсов растений им. Н. И. Вавилова, местные дикорастущие формы и интродуцированный материал из Армении. На основе этого исходного материала с использованием метода многократного отбора были созданы новые высокопродуктивные сорта: Севанская, Гегамская, Союз-60, Генра. Опыт использования генофонда ежи сборной при выведении новых сортов показал высокую эффективность включения в селекционный процесс в качестве исходного материала дикорастущих форм. Самый распространенный в Северо-Кавказском регионе сорт ставропольской селекции ежи сборной Генра был внесен в Госреест селекционных достижений РФ в 2002 году. Сорт имеет на сегодня определенные изъяны: нестабильность семенной продуктивности по годам, низкие облиственность и содержание протеина в кормовой массе, слабую энергию отрастания после укоса, неравномерное созревание семенного материала [18; 19].

Несмотря на значительное количество исследований, посвященных биологии и селекции ежи сборной, в существующей литературе отсутствует комплексная оценка генетического разнообразия и адаптивного потенциала ее диких сородичей в условиях Южного и Северо-Кавказского федеральных округов России. Особенно слабо изучены эколого-географические закономерности формирования хозяйственно ценных признаков у местных популяций, включая продуктивность и устойчивость к биотическим и абиотическим

стрессорам. Существующие данные остаются фрагментарными и несистематизированными, что существенно ограничивает их практическое использование в современных селекционных программах.

Цель исследований – провести комплексное изучение природных популяций ежи сборной на территории южных регионов России для оценки их генетического разнообразия и эколого-географической изменчивости, пополнить коллекционный фонд Северо-Кавказского ФНАЦ, выявить и отобрать генетические источники хозяйственно ценных признаков для использования в селекционном процессе.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Источники материалов и методика изучения

Материалом для исследования послужили литературные данные по распространению ежи сборной в южных регионах России и собственные полевые и экспедиционные исследования в Ставропольском и Краснодарском краях, республиках Калмыкия, КЧР и Адыгея по маршрутам общей протяженностью 2490 км. Таксономический, эколого-географический анализы, оценка эндемизма, редкости и хозяйственной ценности образцов проводились в соответствии с методическими указаниями Всероссийского института генетических ресурсов растений им. Н. И. Вавилова по проведению экспедиционных обследований [20; 21]. Необходимость привлечения новых генотипов с такими селектируемыми признаками, как интенсивность отрастания, облиственность, устойчивость к засухе, грибным заболеваниям, вредителям и полеганию, была обусловлена Программой и методикой селекционных работ с ежой сборной в Северо-Кавказском ФНАЦ на 2024–2027 годы.

Проведение экспедиционных выездов

В 2024 году было организовано 15 экспедиционных выездов в Ставропольском, Краснодарском краях, Республиках Калмыкия и Карачаево-Черкесия с целью обследования территорий распространения дикорастущих популяций и сбора семян образцов ежи сборной.

Ставропольский край

В Ставропольском крае маршруты обследований пролегали через Шпаковский муниципальный округ: с. Надежда, с. Татарка, с. Пелагиада, где отобрано 13 дикорастущих образцов ежи сборной. В Изобильненском муниципальном округе были обследованы окрестности г. Солнечнодольска, с. Московского и г. Изобильного. Было отобрано 10 природных популяций. В Труновском муниципальном округе экспедиционные работы были проведены в окрестностях с. Донского и с. Безопасного, где в условиях прибрежной зоны оросительного канала было отобрано 12 дикорастущих популяций. В Ипатовском муниципальном округе была дана оценка травостоя сухостепных экотипов в окрестностях с. Октябрьского и г. Ипатово с отбором 11 дикорастущих образцов. В Кочубеевском муниципальном округе маршрут экспедиции пролег через села Кочубеевское, Ивановское и Воронежское, где проведен ряд сборов дикорастущих форм ежи сборной в прибрежной зоне реки Кубань. В Предгорном муниципальном округе обследована территория с. Суворовское и отобраны 8 высокорослых форм с высокой стеблевой облиственностью. В Минераловодском муниципальном округе в окрестностях г. Минеральные Воды были обнаружены заросли дикорастущих 9 популяций ежи сборной. Всего в Ставропольском крае было собрано 57 дикорастущих образцов.

Краснодарский край

В Краснодарском крае маршрут экспедиционных исследований был начат в ст-це Отрадненской Отрадненского муниципального округа и затем продолжен через ст-цы Подгорную и Бесстрашную, где были найдены 9 мощно развитых растений дикорастущей ежи сборной. В Лабинском муниципальном округе в окрестностях ст-цы Отважной, поселка Отрадо-Тенгинского, ст-цы Упорной и Спокойной были выявлены и отобраны 15 образцов из дикорастущей флоры предгорной зоны. В окрестностях ст-цы Петровской Славянского и пос. Кубань Гулькевичского муниципального округов были найдены 3 ценопопуляции, отличающиеся плотностью и высотой травостоя, устойчивостью к полеганию и листовым пятнистостям. В Кавказском муниципальном округе в окрестностях ст-цы Кавказской и ст-цы Темижбекской были отобраны 4 дикорастущих образца.

Республика Карачаево-Черкесия

В Республике Карачаево-Черкесия выезды в окрестности аула Хабез, станиц Кардоникской и Зеленчукской позволили выявить и отобрать 27 дикорастущих растений и ценопопуляций ежи сборной с признаками высоты стеблестоя до 170 см, длиной до 30–37 см и шириной листа до 1,5–1,8 см, устойчивостью к грибным заболеваниям (рисунок 1).

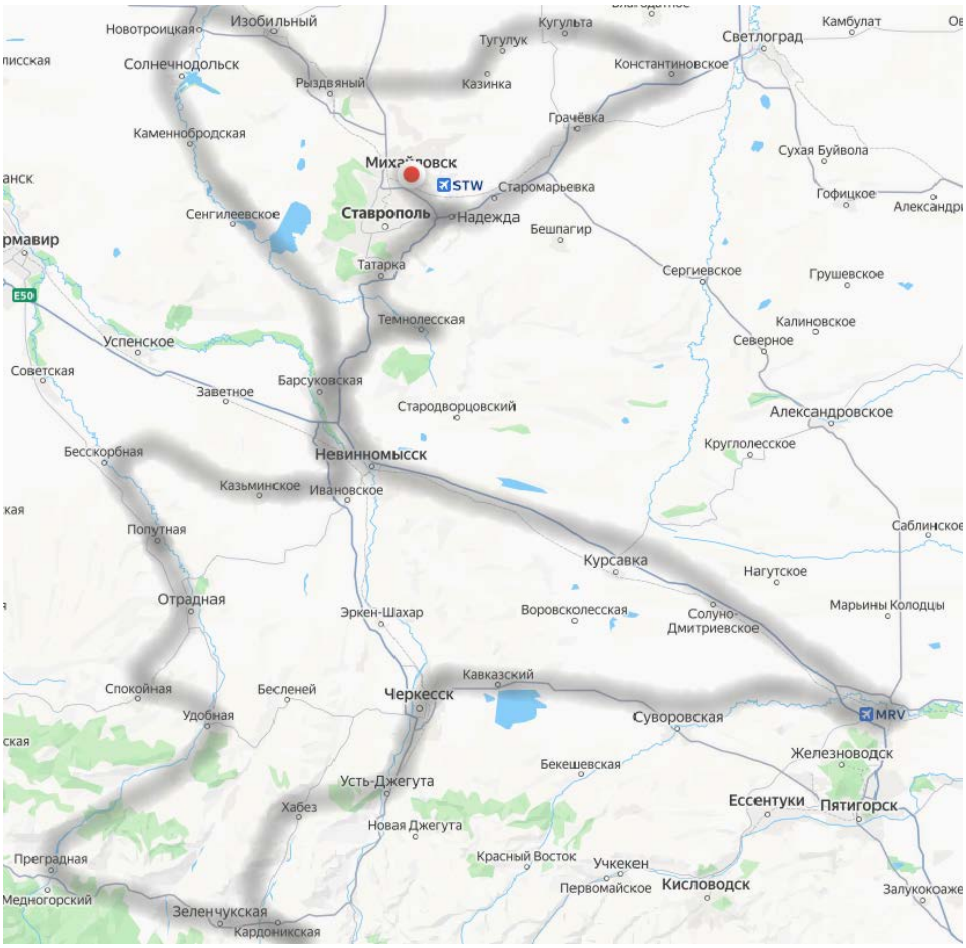


Рис. 1
Карта-схема маршрутов экспедиций по Южному и Северо-Кавказскому федеральному округам, 2024 г.

Fig. 1
Map-scheme of expedition routes in the Southern and North Caucasian Federal Districts, 2024

Республика Калмыкия

В Республике Калмыкия экспедиционные обследования были организованы в пос. Ики-Бурул, с. Вознесеновка и окрестностях г. Элисты, где для пополнения коллекционного фонда было отобрано 12 дикорастущих образцов пастбищного экотипа (рисунок 2).

В 2025 г. было организовано два экспедиционных обследования в Майкопском и Краснооктябрьском муниципальных округах в окрестностях поселков Краснооктябрьского, Тульского и ст-цы Ханской Республики Адыгея (рисунок 3). В условиях предгорной полосы отобраны 22 дикорастущие популяции ежи сборной.

В целом в 2024–2025 гг. по результатам проведенных 17 экспедиционных выездов отобрано для пополнения коллекционного фонда Северо-Кавказского ФНАЦ 205 дикорастущих образцов ежи сборной различного экологического и географического происхождения. Общая протяженность маршрута экспедиционных выездов составила 2490 км. Экспедиционные обследования осуществлялись научными сотрудниками и техническим персоналом отдела селекции и первичного семеноводства кормовых и лекарственных трав Северо-Кавказского ФНАЦ (рисунок 4).

Собранные при выполнении экспедиционных работ образцы послужили основой для закладки на экспериментальном полигоне Северо-Кавказского ФНАЦ коллекционного питомника с целью получения новых сведений о генофонде ежи сборной и использования в качестве исходного материала при создании новых сортов различного направления использования.

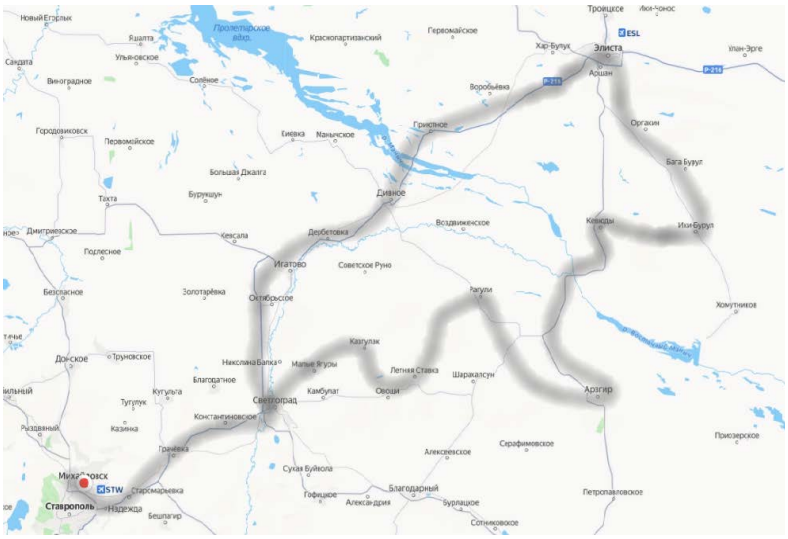


Рис. 2
Карта-схема маршрутов экспедиций по Республике Калмыкия, 2024 г.

Fig. 2
Map-scheme of expedition routes in the Republic of Kalmykia, 2024

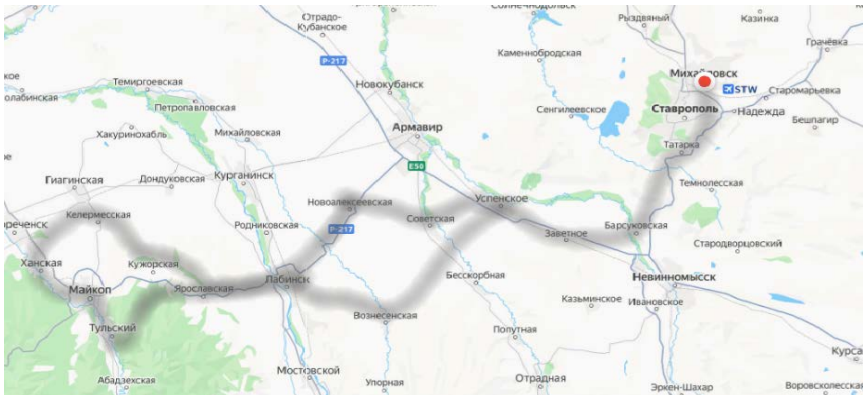


Рис. 3
Карта-схема маршрутов экспедиций по Республике Адыгея, 2025 г.

Fig. 3
Map-scheme of expedition routes in the Republic of Adygea, 2025

Рис. 4
Участники экспедиционных обследований, 2024 г., Краснодарский край

Fig. 4
Participants of expeditionary surveys, 2024, Krasnodar Region

РЕЗУЛЬТАТЫ

Изучение мест произрастания и характеристика природных популяций ежи сборной в Южном и Северо-Кавказском федеральном округах показали, что ежа сборная в природных условиях отличается довольно высоким разнообразием форм и морфобиологических признаков. Разнообразие дикорастущих популяций растений ежи сборной в большей мере определяется разными типами побегов и их строением. Взрослое растение состоит из генеративных и вегетативных побегов. Высота генеративных побегов достигает 150–175 см, они практически устойчивы к полеганию и способны формировать по стеблю до 7–10 листьев. Вегетативные побеги подразделяются на удлиненные размером от 60 до 80 см и укороченные – от 20 до 40 см. Укороченные вегетативные побеги характеризуются тесно сближенным у их основания узлами. Цветение растений на обследуемых территориях было отмечено с начала июня до середины июля, плодоношение – в июле – августе. Размножение дикорастущих популяций семенное. В природных популяциях наблюдается агрессивность вида, его высокая конкурентная способность за территорию распространения и вытеснение других растений из травостоя.

На обследованных территориях распространение популяций и отдельных растений отмечено на лесных полянах, лугах, среди кустарников, в разреженных лесах, у дорог, в населенных пунктах. Ежа предпочитает увлажненные участки, но в то же время выявленные популяции в Республике Калмыкия демонстрируют устойчивость вида к засушливым условиям произрастания. Растения предпочитают рыхлые суглинистые почвы и черноземы. Отмечены популяции ежи сборной в условиях Отрадненского района Краснодарского края с устойчивостью к длительному затоплению. Ежа теневынослива, но не способна полноценно развиваться под сомкнутым пологом лесных насаждений. Отобранные в районах лесных массивов дикорастущие образцы планируется использовать в качестве исходного материала для селекции газонных теневыносливых сортов.

Экспедиционные работы позволили еще раз показать, что Северный Кавказ является средоточием видового и внутривидового разнообразия дикорастущих сородичей культурных растений [22], несущих в себе ценный генетический потенциал для создания новых сортов, в том числе ежи сборной.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Экспедиционные работы в Южном и Северо-Кавказском федеральных округах позволили получить новые сведения о генофонде ежи сборной и пополнить коллекционный фонд Северо-Кавказского ФНАЦ 205 новыми дикорастущими образцами. Собранный материал различного эколого-географического происхождения обладает адаптивностью к местным условиям и представляет практический интерес для селекции культуры на кормовую и семенную продуктивность.

Результаты проведенных исследований имеют высокое практическое значение для селекционной практики и способны внести весомый вклад в сохранение биоразнообразия экосистем Северного Кавказа. Дальнейшие исследования будут направлены на оценку хозяйственно ценных признаков и свойств интродуцированных дикорастущих образцов в условиях коллекционного питомника и их интеграцию в селекционную программу с культурой ежи сборной.

Вклад авторов

В. В. Чумакова: руководство исследованием, создание рукописи и ее редактирование.

Т. М. Миронова: проведение исследования, ресурсы, создание черновика рукописи.

В. Ф. Чумаков: проведение исследования, ресурсы, создание черновика рукописи.

М. В. Деревянникова: верификация данных, создание рукописи и её редактирование.

Contributions

V. V. Chumakov: project administration, writing-review & editing.

T. M. Mironova: investigation, resources, writing-original draft.

V. F. Chumakov: investigation, resources, writing-original draft.

M. V. Derevyannikova: validation, writing-review & editing.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERECES

1. Костенко С.И., Кулешов Г.Ф., Клочкова В.С. и др. *Ежа сборная. Основные виды и сорта кормовых культур.* Москва : Наука; 2015;187-190.
   Kostenko S.I., Kuleshov G.F., Klochkova V.S. et al. *Cocksfoot. Main types and varieties of forage crops.* Moscow : Nauka; 2015;187-190. (In Russ.).
2. Чумакова В.В., Чумаков В.Ф., Деревянникова М.В., Миронова Т.М. Виды и сорта многолетних злаковых трав для сохранения и восстановления биологических ресурсов степных регионов. *Степи Северной Евразии : материалы X Международного симпозиума.* Оренбург, 27 мая – 2 апреля 2024 года. Оренбург : Институт степи Уральского отделения РАН; 2024;1483-1486. https://doi.org/10.24412/CL-37200-2024-1483-1486
   Chumakova V.V., Chumakov V.F., Derevyannikova M.V., Mironova T.M. Types and varieties of perennial grasses for the preservation and restoration of biological resources of steppe regions. *Steppes of Northern Eurasia. Proceedings of the X International Symposium.* Orenburg, May 27 – April 02, 2024. Orenburg : Steppe Institute, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences; 2024;1483-1486. (In Russ.). https://doi.org/10.24412/CL-37200-2024-1483-1486
3. Сапрыкин С.В., Золотарев В.Н., Иванов И.С., Степанова Г.В., Сапрыкина Н.В., Лабинская Р.М. *Научные основы селекции и семеноводства многолетних трав в Центрально-Черноземном регионе России.* Воронеж : Воронежская областная типография; 2020.496.
   Saprykin S.V., Zolotarev V.N., Ivanov I.S., Stepanova G.V., Saprykina N.V., Labinskaya R.M. *Scientific Foundations of Breeding and Seed Production of Perennial Grasses in the Central Black Earth Region of Russia.* Voronezh : Voronezh Region Printing House; 2020;496. (In Russ.).
4. Stewart A.V., Ellison N.W. Dactylis. *Kole C. (eds) Wild Crop Relatives: Genomic and Breeding Resources.* Springer, Berlin, Heidelberg; 2011;73-87. https://doi.org/10.1007/978-3-642-14255-0_5
5. Robins J.G., Jensen K.B., Buffham J.R., Bushman B.S. et al. 'USDA-Yeti' orchardgrass (*Dactylis glomerata* L.), a New Orchardgrass Cultivar That Combines Excellent Winterhardiness and Agronomic Performance. *Journal of Plant Registrations.* 2023;(17,3):478-482. https://doi.org/10.1002/plr2.20304
6. Лазарев Н.Н., Шитикова А.В., Куренкова Е.М., Кухаренкова О.В., Дикарева С.А., Тяжкороб А.Р. Ежа сборная (*Dactylisglomerata* L.) – кормовая культура универсального использования в адаптивном лугопастбищном хозяйстве (обзор). *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии.* 2024;(2):93-109. https://doi.org/10.26897/0021-342X-2024-2-93-109
   Lazarev N.N., Shitikova A.V., Kurenkova E.M., Kukharenkova O.V., Dikareva S.A., Tyazhkorob A.R. Orchardgrass (*Dactylis glomerata* L.) As an Universal Forage Crop in Adaptive Grassland Farming (review). *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy.* 2024;(2):93-109. (In Russ.). https://doi.org/10.26897/0021-342X-2024-2-93-109
7. Wu J., Yan L., Peng J. et al. Modeling Climate Indicates Potential Shifts the Global Distribution of Orchardgrass. *Agronomy.* 2023;(1398):1-17. https://doi.org/10.3390/agronomy13081985
8. Li S., Nie Z., Zhang D. Competition Between Cocksfoot (*Dactylis Glomerata* L.) and Companion Species: Evidence for Allelopathy. *Field Crops Research.* 2016;(196):52-462. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2016.08.005
9. Bakhtiari M.A., Saeidnia F., Majidi M.M., Mirlohi A. Growth Traits Associated With Drought Survival, Recovery and Persistence of Cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.) Under Prolonged Drought Treatments. *Crop and Pasture Science.* 2019;70(1):85-94. https://doi.org/10.1071/CP18473
10. Mika V., Kohoutek A., Odstreilova V. Characteristics of Importand Diploid and Tetraploid Subspecits jf Dactylis from Point of View of the Forage Crop Production. Plant Soil and Environment. 2002;l48(6):243-248. https://doi.org/10.17221/4234-PSE
11. Peralta M.D., Garcia A.R., Salado N.T., Perez J.H. Productivity jf Orchardgrass (*Dactylis glomerata* L.) Alone and Associated With Perennial Ryegrass (*Lolium perenne* L.) and White Clover (*Trifolium repens* L.). *Revista Brasileira De Zootecnia.* 2017;l46(12):890-895. https://doi.org/10.1590/S1806-92902017001200003
12. Annese V., Cazzato E., Corleto A. Quantitative and Qualitative Traits of Natural Ecotypes of Perennial Grasses (*Dactylis glomerata* L., *Festuca arundinacea* Schreb., *Phalaris tuberose* L., *Brachypodium rupestre* (Host) R. et S.) Collected in Southern Italy. *Genetic Resources and Crop Evolution.* 2006;(53):431-441. https://doi.org/10.1007/s10722-004-1808-x

13. Скалозуб О.М., Клочкова Н.Л. Оценка исходного материала для селекции ежи сборной в условиях Приморского края. *Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет).* 2021;3(60):57-64. https://doi.org:10.31677/2072-6724-2021-60-3-57-64
Skalozub O.M., Klochkova N.L. Evaluation of Source Material for Selection of the Hedgehog in the Conditions of Primorsky Krai. *Bulletin of NSAU (Novosibirsk State Agrarian University).* 2021;3(60):57-64. (In Russ.). https://doi.org:10.31677/2072-6724-2021-60-3-57-64
14. Гонян Г.Г. Особенности селекции ежи сборной. *Труды Ставропольского ордена «Знак почета» научно-исследовательского института сельского хозяйства.* 1985:11-20.
Gonyan G.G. Peculiarities of Selection of the Hedgehog. *Works of the Stavropol Order of the Badge of Honor Research Institute of Agriculture.* 1985:11-20. (In Russ.).
15. Миркин Б.М., Горская Т.Г., Григорьев И.Н. *О влиянии ценотического окружения на биоморфологические параметры овсяницы луговой и ежи сборной.* Свердловск : УрГУ; 1987:94-104.
Mirkin B.M., Gorskaya T.G., Grigoriev I.N. *On the Influence of the Cenotic Environment on the Biomorphological Parameters of Meadow Fescue and Cocksfoot.* Sverdlovsk : UrSU; 1987:94-104. (In Russ.).
16. Rechitean D., Bostan C., Istrate-Schiller C., Horablaga N.M. et al. Performance of the *Dactylis glomerata* L. Species in the Cjnditions of A.R.D.S. Lovrin. *Life Science and Sustainable Development.* 2022;(3):129-136. https://doi.org:10.58509/Issd.v3i1.177
17. Turner L.R., Donaghy D.J., Lane P.A., Rawnsley R.P. Effect of Defoliation Management, Based on Leaf Stage, on Perennial Ryegrass (*Lolium perenne* L.), Prairie Grass (*Bromuswilldenowii*Kunth.) and Cocksfoot (*Dactylisglomerata* L.) Under Dryland Conditions. 1. Regrowth, tillering and water-soluble carbohydrate concentration. *Grass and Forage Science.* 2006;(61):164-174. https://doi.org:10.1111/J.1365-2494.2006.00523.X
18. Чумакова В.В., Чумаков В.Ф., Деревянникова М.В., Лебедева Н.С., Миронова Т.М., Сухарев С.А. Адаптивные сорта кормовых трав и их семеноводство в Северо-Кавказском регионе. *Многофункциональное адаптивное кормопроизводство.* 2022;29(77):58-63. https://doi.org:10.33814/MAK-2022-29-77-58-63
Chumakova V.V., Chumakov V.F., Derevyannikova M.V., Lebedeva N.S., Mironova T.M., Sukharev S.A. Adaptive Varieties of Forage Grasses and their Seed Production in the North Caucasus Region. *Multifunctional Adaptive Forage Production.* 2022;29(77):58-63. (In Russ.). https://doi.org:10.33814/MAK-2022-29-77-58-63
19. Ren J., Li F., Yin C. Orchard Grass Safeguards Sustainable Development of Fruit Industry in China. *Journal of Cleaner Production.* 2023;382:135291. https://doi.org:10.1016/j.jclepro.2022.135291
20. Смекалова Т.Н., Озерская Т.М., Дзюбенко Н.И. *Методические указания по проведению экспедиционных обследований ВИР.* Санкт-Петербург : ВИР; 2019. https://doi.org:10.30901/978-905954-96-2
Smekalova T.N., Ozerskaya T.M., Dzyubenko N.I. *Methodical Instructions for Conducting Expeditionary Surveys of VIR.* St. Petersburg : VIR; 2019. (In Russ.). https://doi.org:10.30901/978-905954-96-2
21. Озерская Т.М., Ухатова Ю.В. *Экспедиции ВИР в 2020 году.* Vavilovia, 2020;3(4):41-47. https://doi.org:10.30901/2658-3860-2020-4-41-47
Ozerskaya T.M., Ukhatova Yu.V. *VIR collecting missions in 2020.* Vavilovia, 2020;3(4):41-47. (In Russ.). https://doi.org: 10.30901/2658-3860-2020-4-41-47

Сведения об авторах

Вера Владимировна Чумакова –
кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, зав. отделом селекции и первичного семеноводства кормовых и лекарственных трав, Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр, г. Михайловск, Россия
https://orcid.org/0000-0003-0913-6855
SPIN-код: 1070-4597
sosna777@bk.ru

About the authors

Vera V. Chumakova –
Cand. Sci. (Agric.), Senior Researcher; Head, Department of Breeding and Primary Seed Breeding of Fodder and Medicinal Herbs, North Caucasus Federal Scientific Agrarian Center, Mikhailovsk, Russia
https://orcid.org/0000-0003-0913-6855
sosna777@bk.ru

Татьяна Михайловна Миронова –
аспирант, научный сотрудник отдела селекции и первичного семеноводства кормовых и лекарственных трав, Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр, г. Михайловск, Россия

https://orcid.org/0000-0003-3699-1056

SPIN-код: 5332-3912

TatianaMironov@yandex.ru

Валерий Федорович Чумаков –
старший научный сотрудник отдела селекции и первичного семеноводства кормовых и лекарственных трав, Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр, г. Михайловск, Россия

https://orcid.org/0000-0002-9552-0548

SPIN-код: 1055-2728

v.chumakov1956@bk.ru

Марина Владимировна Деревянникова –
кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела селекции и первичного семеноводства кормовых и лекарственных трав, Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр, г. Михайловск, Россия

https://orcid.org/0000-0001-6290-2753

SPIN-код: 2740-4040

sotnikoam6031983@mail.ru

Tatiana M. Mironova –
Postgraduate Student, Researcher, Department of Breeding and Primary Seed Breeding of Fodder and Medicinal Herbs, North Caucasus Federal Scientific Agrarian Center, Mikhailovsk, Russia

https://orcid.org/0000-0003-3699-1056

TatianaMironov@yandex.ru

Valery F. Chumakov –
Senior Researcher, Department of Breeding and Primary Seed Breeding of Fodder and Medicinal Herbs, North Caucasus Federal Scientific Agrarian Center, Mikhailovsk, Russia

https://orcid.org/0000-0002-9552-0548

v.chumakov1956@bk.ru

Marina V. Derevyannikova –
Cand. Sci. (Agric.), Senior Researcher, Department of Breeding and Primary Seed Breeding of Fodder and Medicinal Herbs, North Caucasus Federal Scientific Agrarian Center, Mikhailovsk, Russia

https://orcid.org/0000-0001-6290-2753

sotnikoam6031983@mail.ru

Аграрный вестник Северного Кавказа / Agrarian Bulletin of the North Caucasus

Журнал «Вестник АПК Ставрополья / Bulleti of Agro-industrial complex of Stavropol Region» перерегистрирован в «Аграрный вестник Северного Кавказа / Agrarian Bulletin of the North Caucasus» в связи с изменением названия СМИ.

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

Публикуется в авторской редакции

Подписано в печать 25.09.2025. Дата выхода в свет 29.09.2025.
Формат 60x84 $^{1}/_{8}$. Бумага офсетная. Гарнитура «Verdana». Печать офсетная.
Усл. печ. л. 11,63. Тираж 300 экз. Заказ № 390.

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

СВОБОДНАЯ ЦЕНА