

ISSN (print) 1997-4868
e ISSN 2307-0005

АГРАРНЫЙ ВЕСТНИК УРАЛА

AGRARIAN BULLETIN
OF THE URALS

Спецвыпуск
Биология и биотехнологии
Special Issue
Biology and biotechnologies
2020

Сведения о редакционной коллегии

И. М. Донник (главный редактор), академик РАН, вице-президент РАН (Москва, Россия)
О. Г. Лоретц (заместитель главного редактора), ректор Уральского ГАУ (Екатеринбург, Россия)
П. Сотони (заместитель главного редактора), доктор ветеринарных наук, профессор, академик Венгерской академии наук, академик Польской медицинской академии, ректор, Университет ветеринарной медицины Будапешта (Будапешт, Венгрия)

Члены редакционной коллегии

Н. В. Абрамов, Государственный аграрный университет Северного Зауралья (Тюмень, Россия)
В. Д. Богданов, член-корреспондент РАН, Институт экологии растений и животных Уральского отделения Российской академии наук (Екатеринбург, Россия)
В. Н. Большаков, академик РАН, Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина (Екатеринбург, Россия)
О. А. Быкова, Уральский ГАУ (Екатеринбург, Россия)
Б. А. Воронин, Уральский ГАУ (Екатеринбург, Россия)
Э. Д. Джавадов, Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт птицеводства (Ломоносов, Россия)
Л. И. Дроздова, Уральский ГАУ (Екатеринбург, Россия)
А. С. Донченко, академик РАН, Институт экспериментальной ветеринарии Сибири и Дальнего Востока (Новосибирск, Россия)
Н. Н. Зезин, Уральский научно-исследовательский институт сельского хозяйства (Екатеринбург, Россия)
С. Б. Исмуратов, Костанайский инженерно-экономический университет им. М. Дулатова (Костанай, Казахстан)
В. В. Калашников, академик РАН, Отделение сельскохозяйственных наук РАН, Всероссийский научно-исследовательский институт коневодства (Рязань, Россия)
А. Г. Коцаев, Кубанский государственный аграрный университет (Краснодар, Россия)
В. С. Мырнин, ОАО «Уралплемцентр» (Екатеринбург, Россия)
А. Г. Нежданов, Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии Россельхозакадемии (Воронеж, Россия)
М. С. Норов, Таджикский аграрный университет имени Шириншо Шотемур (Душанбе, Таджикистан)
В. С. Паштецкий, Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма (Симферополь, Россия)
Ю. В. Плугатарь, член-корреспондент РАН, член Совета при Президенте Российской Федерации по науке и образованию, начальник Отдела РАН по взаимодействию с научными организациями Крыма и города федерального значения Севастополя, Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН (Ялта, Россия)
А. Г. Самоделькин, Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия (Нижний Новгород, Россия)
А. А. Стекольников, Санкт-Петербургская государственная академия ветеринарной медицины (Санкт-Петербург, Россия)
В. Г. Тюрин, Всероссийский научно-исследовательский институт ветеринарной санитарии, гигиены и экологии (Москва, Россия)
И. Г. Ушачев, академик РАН, Всероссийский НИИ экономики сельского хозяйства (Москва, Россия)
С. В. Шабунин, академик РАН, Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии Россельхозакадемии (Воронеж, Россия)
И. А. Шкуратова, Уральский научно-исследовательский ветеринарный институт (Екатеринбург, Россия)

Editorial board

Irina M. Donnik (Editor-in-Chief), Academician of the Russian Academy of Sciences, Vice President of the Russian Academy of Sciences (Moscow, Russia)
Olga G. Lorets (Deputy Chief Editor), rector of the Ural State Agrarian University (Ekaterinburg, Russia)
Péter Sótonyi (Deputy chief editor), doctor of veterinary sciences, professor, academician of Hungarian Academy of Sciences, academician of Polish Medical Academy, rector, University of Veterinary Medicine of Budapest (Budapest, Hungary)

Editorial Team

Nikolay V. Abramov, Northern Trans-Ural State Agricultural University (Tyumen, Russia)
Vladimir D. Bogdanov, corresponding member of the Russian Academy of Sciences, Institute of Plant and Animal Ecology of the Ural branch of the Russian Academy of Sciences (Ekaterinburg, Russia)
Vladimir N. Bolshakov, Academician of the Russian Academy of Sciences; Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin (Ekaterinburg, Russia)
Olga A. Bykova, Ural State Agrarian University (Ekaterinburg, Russia)
Boris A. Voronin, Ural State Agrarian University (Ekaterinburg, Russia)
Eduard D. Dzhavadov, All-Russian Research and Technological Poultry Institute (Lomonosov, Russia)
Lyudmila I. Drozdova, Ural State Agrarian University (Ekaterinburg, Russia)
Aleksandr S. Donchenko, Academician of the Russian Academy of Sciences, Institute of Experimental Veterinary Science of Siberia and the Far East (Novosibirsk, Russia)
Nikita N. Zezin, Ural Research Institute of Agriculture (Ekaterinburg, Russia)
Sabit B. Ismuratov, Kostanay Engineering and Economics University named after M. Dulatov (Kostanay, Kazakhstan)
Valeriy V. Kalashnikov, Academician of the Russian Academy of Sciences, Department of Agricultural Sciences of the Russian Academy of Sciences, the All-Russian Research Institute for Horsebreeding (Ryazan, Russia)
Andrey G. Koshchayev, Kuban State Agrarian University (Krasnodar, Russia)
Vladimir S. Mymrin, "Uralplemsentr" (Ekaterinburg, Russia)
Anatoliy G. Nezhdanov, All-Russian Veterinary Research Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy of the Russian Academy of Agricultural Sciences (Voronezh, Russia)
Mastibek S. Norov, Tajik Agrarian University named after Shirinsho Shotemur (Dushanbe, Tajikistan)
Vladimir S. Pashtetskiy, Research Institute of Agriculture of Crimea (Simferopol, Russia)
Yuriy V. Plugatar, corresponding member of the Russian Academy of Sciences, member of the Presidential Council for Science and Education, Head of the Department of the Russian Academy of Sciences for Cooperation with Scientific Organizations of Crimea and Sevastopol, The Nikitsky Botanical Garden – National Scientific Center of Russian Academy of Sciences, Yalta, Russia
Aleksandr G. Samodelkin, Nizhny Novgorod State Agricultural Academy (Nizhny Novgorod, Russia)
Anatoliy A. Stekolnikov, Saint Petersburg State Academy of Veterinary Medicine (Saint Petersburg, Russia)
Vladimir G. Tyurin, All-Russian Research Institute for Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology (Moscow, Russia)
Ivan G. Ushachev, Academician of the Russian Academy of Sciences, All-Russian Research Institute of Agricultural Economics (Moscow, Russia)
Sergey V. Shabunin, Academician of the Russian Academy of Sciences, All-Russian Veterinary Research Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy of the Russian Academy of Agricultural Sciences (Voronezh, Russia)
Irina A. Shkuratova, Ural Research Veterinary Institute (Ekaterinburg, Russia)

Нас индексируют / Indexed

ВЫСШАЯ
АТТЕСТАЦИОННАЯ КОМИССИЯ (ВАК)
При Министерстве образования и науки
Российской Федерации



Food and Agriculture Organization
of the United Nations



ULRICHSWEB™
GLOBAL SERIALS DIRECTORY

eLIBRARY.RU

CYBERLENINKA

Содержание

Contents

| | | |
|--|----|--|
| <i>А. В. Абрамчук, С. Е. Сапарклычева, В. В. Чулкова</i> Продуктивность лопанта тибетского (<i>Agastache rugosa</i>) в зависимости от агротехнических приемов возделывания в условиях интродукции на Среднем Урале | 2 | <i>A. V. Abramchuk, S. E. Saparklycheva, V. V. Chulkova</i> Productivity of the <i>Lophanthus tibeticus</i> (<i>Agastache rugosa</i>) depending on agrotechnical methods of cultivation in the conditions of introduction in the Middle Urals |
| <i>А. С. Баркова, И. М. Мильштейн, Е. И. Шурманова</i> Оценка состояния опорно-двигательного аппарата у спортивных лошадей в условиях Среднего Урала | 10 | <i>A. S. Barkova, I. M. Millstein, E. I. Shurmanova</i> Assessment of the condition of the musculoskeletal system sports horses in the Middle Urals |
| <i>Л. Б. Каренгина, Ю. Л. Байкин, Ю. Г. Байкенова</i> Влияние высоких доз суперфосфата на групповой и фракционный состав фосфатов темно-серой лесной почвы | 19 | <i>L. B. Karengina, Yu. L. Baykin, Yu. G. Baykenova</i> Effect of high doses of superphosphate on the group and fractional composition of phosphates containing in dark gray forest soil |
| <i>О. В. Кван, Е. В. Шейда, Г. К. Дускаев, Ш. Г. Рахматуллин</i> Влияние пробиотического штамма <i>Bifidobacterium longum</i> на содержание химических элементов в биологических тканях цыплят-бройлеров при минералдефицитной диете | 28 | <i>O. V. Kvan, E. V. Sheyda, G. K. Duskaev, Sh. G. Rakhmatullin</i> Effect of the probiotic strain <i>Bifidobacterium longum</i> on the content of chemical elements in biological tissues of broiler chickens with a mineral-deficient diet |
| <i>F. Keita, M. Yu. Karpukhin</i> Development of variety technologies for cultivation of potato in the Middle Urals | 35 | <i>F. Keita, M. Yu. Karpukhin</i> Development of variety technologies for cultivation of potato in the Middle Urals |
| <i>Е. Н. Нарышкина</i> Изменение показателей собственной продуктивности быков-производителей голштинской породы в зависимости от сезона года и возраста | 40 | <i>E. N. Naryshkina</i> Changes in the indicators of own productivity of Holstein bulls depending on the season and age |
| <i>О. П. Неверова, О. В. Горелик, Н. Л. Лопалева</i> Актуальные вопросы выращивания племенных петухов красса Хайсекс Браун | 49 | <i>O. P. Neverova, O. V. Gorelik, N. L. Lopaeva</i> Topical issues of raising breeding roosters of the Hisex Brown cross |
| <i>Д. Ю. Нохрин, Н. А. Давыдова</i> Гидрохимическая характеристика и качество подземных вод Сосновского района Челябинской области для целей орошения | 56 | <i>D. Yu. Nokhrin, N. A. Davydova</i> Hydrochemical characteristics and irrigation quality of groundwater in the Sosnovskiy district of the Chelyabinsk region |
| <i>М. В. Петропавловский, А. В. Лысов, А. Г. Исаева, А. С. Романова</i> Особенности разработки схем оздоровительных противолейкозных мероприятий с учетом влияния эпизоотического процесса на примере Республики Башкортостан | 70 | <i>M. V. Petropavlovskiy, A. V. Lysov, A. G. Isaeva, A. S. Romanova</i> Development features of healthy anti-leukemic measures schemes considering the influence of the epizootic process on the example of the Republic of Bashkortostan |
| <i>Л. Н. Скипин, Е. В. Гаевая, С. С. Тарасова</i> Тестирование клубеньковых бактерий для природно и техногенно засоленных почв и грунтов | 81 | <i>L. N. Skipin, E. V. Gaevaya, S. S. Tarasova</i> Testing of nodule bacteria for naturally and technogenically saline soils and grounds |
| <i>В. М. Усевич, Н. Г. Курочкина, М. Н. Дрозд, О. Г. Петрова</i> Особенности паразитоценоза при эймериозе у молодняка жвачных животных | 91 | <i>V. M. Usevich, N. G. Kurochkina, M. N. Drozd, O. G. Petrova</i> Features of parasitocenosis in eimeriosis in young ruminants |

Продуктивность лофанта тибетского (*Agastache rugosa*) в зависимости от агротехнических приемов возделывания в условиях интродукции на Среднем Урале

А. В. Абрамчук¹✉, С. Е. Сапарклычева¹, В. В. Чулкова¹

¹ Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

✉ E-mail: fito41@mail.ru

Аннотация. Исследования по интродукции лофанта (*Agastache rugosa*) кафедры растениеводства и селекции Уральского государственного аграрного университета ведет с 2013 г. Изучены сроки посева семян в открытый грунт, особенности роста и развития лофанта тибетского на фоне различных видов минеральных удобрений, влияние физиологически активных веществ, дана сравнительная оценка видов и сортов лофанта. Исследования проводились в учхозе «Уралец», расположенном в Белоярском районе Свердловской области. **Методы.** Проведены фенологические и биометрические наблюдения за ростом и развитием растений. Методика для закладки опыта общепринятая по Б. А. Доспехову. В данной статье приводятся итоги интродукционной работы по изучению рассадного способа возделывания и внесения возрастающих доз азотных удобрений, оказавших наиболее выраженное влияние на продуктивность, а также на структурный состав надземной биомассы – важнейший показатель качества при заготовке лекарственного сырья. **Цель исследования** – выявить особенности формирования продуктивности надземной биомассы лофанта тибетского в природно-климатических условиях Среднего Урала. В **задачи** входило изучение влияния рассадного способа возделывания, а также внесения возрастающих доз азотных удобрений на продуктивность и структурный состав надземной биомассы лофанта тибетского. **Результаты.** В процессе исследования выявлена четкая зависимость продуктивности лофанта тибетского от сроков посева семян на рассаду: чем раньше срок посева, тем выше продуктивность. Максимальный выход лекарственного сырья с единицы площади (в среднем за 2013–2015 гг.) получен в I варианте (посев на рассаду – 10 марта) – 25,2 т/га, минимальная продуктивность сформирована в IV варианте (посев на рассаду – 10 апреля), она составила 16,2 т/га, что на 35,7 % ниже, чем в I варианте. Установлено, что чем выше уровень азотного питания, тем больше биологическая продуктивность. Максимальная продуктивность (в среднем за 2018–2020 гг.) составила 29,5 т/га (IV вариант – N₆₀ кг/га). **Научная новизна.** Впервые в условиях Среднего Урала определены особенности формирования продуктивности лофанта тибетского при рассадном способе возделывания и разных уровнях азотных удобрений. Установлены оптимальный срок посева семян на рассаду и доза азотных удобрений, в условиях которых лофант тибетский обеспечивает высокую продуктивность с оптимальной структурой лекарственного сырья.

Ключевые слова: лофант тибетский, надземная биомасса, структурный состав, продуктивность, сроки посева, азотные удобрения.

Для цитирования: Абрамчук А. В., Сапарклычева С. Е., Чулкова В. В. Продуктивность лофанта тибетского (*Agastache rugosa*) в зависимости от агротехнических приемов возделывания в условиях интродукции на Среднем Урале // Аграрный вестник Урала. 2020. Специальный выпуск «Биология и биотехнологии». С. 2–9. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-14-2-9.

Дата поступления статьи: 09.11.2020.

Постановка проблемы (Introduction)

Важное место в современной медицине занимают лекарственные препараты, созданные на основе растений [1, с. 3]. В настоящее время природные запасы лекарственных растений не способны обеспечить потребности фармацевтической промышленности в нужном объеме. Один из основных путей увеличения выхода лекарственного сырья с высокими качественными характеристиками – интродукция наиболее ценных растений, которая позволит в значительной мере обеспечить потребности в лекарственном сырье, сохранить видовое разнообразие природной флоры Урала и в то же время расширить ассортимент лекарственных растений, культивируя растения не только из местной флоры, но и из других регионов России и зарубежья [5, с. 5].

В последние годы как в России, так и за рубежом активно изучаются виды из семейства Яснотковых (*Lamiaceae*), принадлежащие к роду лофантов (*Lophanthus* Adans) [3, с. 2], [4, с. 3], [5, с. 6], [6, с. 203] и агастхе (*Agastache* Clayt. Ex Gronov.) [17, с. 16], в естественных условиях произрастающие в степных, полупустынных растительных группировках среднегорий, а также в высокогорьях Средиземноморья, Средней Азии, Западных Гималаев и Юго-Западного Китая [4, с. 3], [7, с. 100], [8, с. 17]. Растения относятся к группе эфирномасличных, в надземной биомассе которых отмечается повышенное содержание биологически активных веществ: эфирное масло [18, с. 391], флавоноиды [9, с. 46], полисахариды [10, с. 73], дубильные вещества, кемпферол-гликозид, витамины

(витамин С, провитамин А [3, с. 293], макро- и микроэлементы; органические кислоты: хлорогеновая, лимонная и яблочная [3, с. 293], [11, с. 183], [12, с. 44]).

Препараты, созданные на основе лофанта, обладают иммуномодулирующим [12, с. 45], антиоксидантным, противомикробным действиями [13, с. 12], [19, с. 524]; находят применение при различных заболеваниях: улучшают обменные процессы в организме, обладают дезинфицирующими и ранозаживляющими свойствами, ускоряют процесс регенерации эпителиальных тканей; выводят из организма токсины и тяжелые металлы; показаны при аллергических заболеваниях [4, с. 3] и тахикардии [17, с. 247]. Лофант тибетский с давних времен применяется в восточной медицине, считается сильным биостимулятором [14, с. 247].

Лофант – эффективное бактерицидное растение, стоит в одном ряду с сильнодействующими эфирномасличными растениями [15, с. 106]. Лофант привлекает полезных насекомых, значительно улучшает экологическую обстановку [15, с. 106].

Лофант тибетский обладает высокими декоративными свойствами. Многочисленные крупные оригинальные соцветия эффектны не только в период цветения, но и в фазе плодоношения. Растение сохраняет декоративность до поздней осени, может использоваться в садово-парковом строительстве, в оформлении цветочных композиций (бордюров, клумб, рабаток, миксбордеров, модульных цветников и т. д.), рекомендуется для озеленения домов отдыха, городов, интерьеров офисов и квартир [2], [4, с. 3].

Методология и методы исследования (Methods)

Исследования по интродукции лофанта (*Lophanthus Adans*) кафедра растениеводства и селекции Уральского государственного аграрного университета ведет с 2013 г. в учхозе «Уралец», расположенном в Белоярском районе Свердловской области [4, с. 3], [6, с. 202]. Почва на опытном участке – чернозем оподзоленный тяжелосуглинистый. Этот тип почв характеризуется глубоким залеганием карбонатного горизонта (на глубине 100–125 см) и признаками оподзоливания. Мощность горизонта А – 40–45 см; АВ₁ – 60–80 см. Гумусовый горизонт обогащен обменными основаниями, 70 % из которых составляет кальций. Реакция среды близка к нейтральной (рН – 6,5). В качестве предшественника использовался черный пар, который обеспечивал хорошо обработанную и чистую от сорных растений почву.

Лофант тибетский – ценное лекарственное растение. Светолюбив, предпочитает почвы плодородные, хорошо дренированные, с нейтральной реакцией среды и легким механическим составом [3, с. 2]. Растение теплолюбивое, в природно-климатических условиях Среднего Урала из-за низких температур в зимний период и заморозков, наблюдаемых в весенний период, часто вымерзает, число перезимовавших особей не превышает 13–17 %, вследствие чего в опытах, проводимых кафедрой, лофант тибетский использовался в качестве однолетнего вида. Посев в открытый грунт – подзимний, широкорядный (междурядье – 35 см). Весной, после появления всходов, проводили прореживание по схеме 25 × 35 см (12 растений/м²). Площадь опытной делянки – 2 м², повторность трехкратная.

Исследование проводилось по общепринятым методикам: для изучения динамики высоты и среднесуточного прироста были выделены по пять типичных растений лофанта в каждом варианте (в трех повторностях). Регулярно (один раз в неделю) на маркированных растениях проводили замеры высоты, определяли прирост за неделю, среднесуточный прирост; для выявления фенологической ритмики растений регулярно, два раза в неделю проводили визуальное наблюдение за характером прохождения фенологических фаз [4, с. 5]. В период уборки урожая (первая – вторая декады августа) скашивали все растения на делянках, взвешивали – определяли продуктивность надземной биомассы; для установления структуры надземной биомассы отбирали по три особи (растения) лофанта тибетского (в трех повторностях) [4, с. 5]. Выборка по каждому варианту составляла 15 растений. Математическая обработка велась по Б. А. Доспехову [13, с. 415].

Результаты (Results)

Опыт по изучению рассадного способа возделывания лофанта тибетского в условиях Среднего Урала проводился в течение трех лет (2013–2015 гг.) [4, с. 5]. После установления теплой погоды (15–20 мая) рассаду высаживали в грунт. В схему опыта включены четыре варианта, различающиеся сроками посева лофанта тибетского на рассаду: I вариант – 10 марта (взят за контроль); II вариант – 20 марта; III вариант – 30 марта; IV вариант – 10 апреля [4, с. 5].

В качестве основных показателей высокой адаптации растений к новым природно-климатическим условиям используются прежде всего высота растений, среднесуточный прирост и сроки прохождения фенологических фаз. Одной из задач, стоящих в эксперименте, было изучение влияния сроков посева на рост и развитие лофанта тибетского, для чего в каждом варианте были маркированы по пять растений (в трех повторностях). В течение всех лет исследования, регулярно (1 раз в неделю) проводили замеры высоты растений лофанта, определяли и среднесуточный прирост.

В процессе исследования выявлено, что развитие растений находится в тесной зависимости от сроков посева лофанта на рассаду. Лучшие показатели по высоте и среднесуточному приросту получены в I варианте, где высота растений в период определения продуктивности достигла своего максимума: 101 см (2013 г.) – 95 см (2015 г.), в среднем по годам исследования высота составила 97 см. Существенно ниже показатели в IV варианте: 86 см (2013 г.) – 71 см (2015 г.), в среднем по годам исследования высота составила 78 см.

Среднесуточный прирост в течение вегетации варьировался по вариантам от 0,1 до 1,7 см, максимум отмечен в I варианте в конце июля – начале августа (1,9–2,4 см) [4, с. 5]. Что касается фенологического развития, то самый ранний переход растений в генеративную стадию развития (бутонизация) также характерен для I варианта: бутонизация наступала на 12–15 дней раньше, чем у растений в III и IV вариантах. Фаза начала цветения растений наблюдалась во второй декаде июля, фаза массового цветения – в конце июля – начале августа. [4, с. 5]. Близкие результаты получены во II варианте (срок посева на рас-

Таблица 1
Влияние сроков посева на продуктивность лопуха тибетского (2013–2015 гг.)

| Варианты опыта (сроки посева на рассаду) | Выход лекарственного сырья (зеленая масса) | | | | | |
|--|--|-------------------------------|------|-------------------------|-------------------------------|------|
| | 2013–2014 гг. | | | 2015 г. | | |
| | Продуктивность, т/га | Отклонение от контроля (-) | | Продуктивность, т/га | Отклонение от контроля (-) | |
| т/га | | % | т/га | | % | |
| I вариант – 10 марта (контроль) | 26,3 | – | – | 24,1 | – | – |
| II вариант – 20 марта | 24,4 | 1,9 | 7,2 | 21,6 | 2,5 | 10,4 |
| III вариант – 30 марта | 18,7 | 7,6 | 28,9 | 16,9 | 7,2 | 29,9 |
| IV вариант – 10 апреля | 17,6 | 8,7 | 33,1 | 14,8 | 9,3 | 38,6 |
| HCP ⁰⁵ : 2013 г. | 0,98 | – | – | – | – | – |
| 2014 г. | 0,95 | – | – | – | – | – |
| 2015 г. | – | – | – | 1,14 | – | – |

Table 1
Effect of date of sowing on the productivity of the *Agastache rugosa* (2013–2015)

| Variants experience (terms of sowing for seedlings) | Yield medicinal raw materials (green mass) | | | | | |
|---|--|----------------------------|------|--------------------|----------------------------|------|
| | 2013–2014 | | | 2015 | | |
| | Productivity, t/ha | Deviation from control (-) | | Productivity, t/ha | Deviation from control (-) | |
| t/ha | | % | t/ha | | % | |
| I variant – March 10 (control) | 26.3 | – | – | 24.1 | – | – |
| II variant – March 20 | 24.4 | 1.9 | 7.2 | 21.6 | 2.5 | 10.4 |
| III variant – March 30 | 18.7 | 7.6 | 28.9 | 16.9 | 7.2 | 29.9 |
| IV variant – April 10 | 17.6 | 8.7 | 33.1 | 14.8 | 9.3 | 38.6 |
| LSD ⁰⁵ : 2013 | 0.98 | – | – | – | – | – |
| 2014 | 0.95 | – | – | – | – | – |
| 2015 | – | – | – | 1.14 | – | – |

Таблица 2
Структурный состав лекарственного сырья лопуха тибетского (2014–2015 гг.)

| Варианты опыта (сроки посева на рассаду) | Годы исследования | Зеленая биомасса | | | | | |
|---|----------------------|------------------|------|----------|------|--------|------|
| | | Листья | | Соцветия | | Стебли | |
| | | т/га | % | т/га | % | т/га | % |
| I вариант – 10 марта (контроль) | 2014 | 7,1 | 27,3 | 6,9 | 26,7 | 11,9 | 46,0 |
| | 2015 | 7,1 | 29,5 | 6,2 | 25,9 | 10,8 | 44,6 |
| II вариант – 20 марта | 2014 | 7,8 | 32,0 | 5,8 | 23,7 | 10,9 | 44,2 |
| | 2015 | 7,0 | 32,6 | 5,2 | 24,0 | 9,4 | 43,4 |
| III вариант – 30 марта | 2014 | 6,3 | 34,2 | 4,1 | 22,6 | 7,9 | 43,2 |
| | 2015 | 6,0 | 35,4 | 3,7 | 21,9 | 7,2 | 42,7 |
| IV вариант – 10 апреля | 2014 | 7,0 | 39,5 | 3,5 | 19,7 | 7,1 | 40,8 |
| | 2015 | 6,2 | 41,8 | 2,7 | 18,0 | 5,9 | 40,2 |

Table 2
The structural composition of medicinal raw materials of the *Agastache rugosa* (2014–2015)

| Variants experience (terms of sowing for seedlings) | Years of research | Green biomass | | | | | |
|---|----------------------|---------------|------|----------------|------|-------|------|
| | | Leaves | | Inflorescences | | Stems | |
| | | t/ha | % | t/ha | % | t/ha | % |
| I variant – March 10 (control) | 2014 | 7.1 | 27.3 | 6.9 | 26.7 | 11.9 | 46.0 |
| | 2015 | 7.1 | 29.5 | 6.2 | 25.9 | 10.8 | 44.6 |
| II variant – March 20 | 2014 | 7.8 | 32.0 | 5.8 | 23.7 | 10.9 | 44.2 |
| | 2015 | 7.0 | 32.6 | 5.2 | 24.0 | 9.4 | 43.4 |
| III variant – March 30 | 2014 | 6.3 | 34.2 | 4.1 | 22.6 | 7.9 | 43.2 |
| | 2015 | 6.0 | 35.4 | 3.7 | 21.9 | 7.2 | 42.7 |
| IV variant – April 10 | 2014 | 7.0 | 39.5 | 3.5 | 19.7 | 7.1 | 40.8 |
| | 2015 | 6.2 | 41.8 | 2.7 | 18.0 | 5.9 | 40.2 |

саду – 20 марта) [4, с. 5]. В вариантах с ранними сроками посева в период уборки урожая отмечено увеличение мортмассы (листья бурого цвета, расположенные в нижнем ярусе, утратившие способность к фотосинтезу) в I варианте – 8,0 %, во II варианте – 7,8 %.

Для определения продуктивности лофанта в период массового цветения (в первой – второй декадах августа) проводили скашивание растений на высоте 15 см от поверхности почвы на всех делянках одновременно [4, с. 5]. Срезанные растения взвешивали – устанавливали выход лекарственного сырья (зеленая масса) с единицы площади. Полученные в ходе эксперимента данные дают основание говорить, что сроки посева оказывают заметное влияние на величину продуктивности: максимальная продуктивность сформирована (в среднем за 2013–2015 гг.) в I варианте – 25,2 т/га, минимальная – в IV варианте, она составила 16,2 т/га, что на 35,7 % ниже, чем в контроле [4, с. 5].

Между сроками посева и продуктивностью лофанта тибетского выявлены хорошо выраженная корреляционная зависимость ($r = 0,95$), а также высокий коэффициент детерминации ($d_{xy} = 91,9\%$).

При заготовке лекарственного сырья большое значение имеет содержание в его составе ценных структурных элементов, таких как листья и соцветия. В многочисленных исследованиях, проводимых как в РФ, так и за рубежом, установлено, что максимальное содержание биологически активных веществ (БАВ) наблюдается в листьях и соцветиях, вследствие чего чем больше их участие в структуре надземной биомассы, тем выше качество лекарственного сырья [4, с. 5]. В эксперименте было прослежено влияние сроков посева на структурный состав надземной биомассы лофанта тибетского (таблица 2).

Из данных, представленных в таблице 2, отчетливо видно, что сроки посева лофанта на рассаду оказывают хорошо выраженное влияние на структурный состав надземной биомассы. Установлено, что, чем раньше проведен посев, тем больше в лекарственном сырье соцветий, которые отличаются повышенным содержанием биологически активных веществ. Максимум соцветий отмечен в I варианте – 26,7 % (2014 г.); 25,9 % (2015 г.), существенно меньше показатели в IV варианте. В целом поздние сроки посева оказывают негативное влияние на характеристики всех структурных элементов лофанта тибетского: снижается и масса, и процентное соотношение.

Таблица 3
Продуктивность надземной биомассы лофанта тибетского (в среднем за 2018–2020 гг.)

| Варианты опыта (дозы азотных удобрений) | Выход лекарственного сырья | | | | | |
|--|----------------------------|-------------------------------|------|--|-------------------------------|------|
| | Зеленая масса | | | Воздушно-сухое вещество (влажность 17 %) | | |
| | Продуктивность, т/га | Отклонение от контроля (+) | | Продуктивность, т/га | Отклонение от контроля (+) | |
| т/га | | % | т/га | | % | |
| I вариант – б/у (контроль) | 17,3 | – | – | 4,3 | – | – |
| II вариант – N ₃₀ кг/га | 22,6 | 5,3 | 30,6 | 5,4 | 1,1 | 25,6 |
| III вариант – N ₄₅ кг/га | 25,7 | 8,4 | 48,6 | 6,2 | 1,9 | 44,2 |
| IV вариант – N ₆₀ кг/га | 29,5 | 12,2 | 70,5 | 7,1 | 2,8 | 65,1 |
| HCP ₀₅ : 2018 г. 2019 г. 2020 г. | 1,17 1,26 1,13 | – | – | 0,38 0,46 0,32 | – | – |

Table 3
The productivity of aboveground biomass of the *Agastache rugosa* (average for 2018–2020)

| Variants experience (doses of nitrogen fertilizers) | Yield medicinal raw materials | | | | | |
|---|-------------------------------|-------------------------------|------|-------------------------------------|-------------------------------|------|
| | Green mass | | | Air-dry substance (humidity – 17 %) | | |
| | Productivity, t/ha | Deviation from control (+) | | Productivity, t/ha | Deviation from control (+) | |
| t/ha | | % | t/ha | | % | |
| I variant – without fertilizer (control) | 17.3 | – | – | 4.3 | – | – |
| II variant – N ₃₀ kg/ha | 22.6 | 5.3 | 30.6 | 5.4 | 1.1 | 25.6 |
| III variant – N ₄₅ kg/ha | 25.7 | 8.4 | 48.6 | 6.2 | 1.9 | 44.2 |
| IV variant – N ₆₀ kg/ha | 29.5 | 12.2 | 70.5 | 7.1 | 2.8 | 65.1 |
| LSD ₀₅ : 2018 2019 2020 | 1.17 1.26 1.13 | – | – | 0.38 0.46 0.32 | – | – |

Таблица 4
Структура лекарственного сырья лофанта тибетского (в среднем за 2018–2020 гг.)

| Варианты опыта (дозы азотных удобрений) | Зеленая масса | | | | | |
|--|---------------|------|----------|------|--------|------|
| | Листья | | Соцветия | | Стебли | |
| | т/га | % | т/га | % | т/га | % |
| I вариант – б/у (контроль) | 8,0 | 46,1 | 2,0 | 11,5 | 7,3 | 42,4 |
| II вариант – N ₃₀ кг/га | 9,6 | 42,4 | 3,6 | 15,8 | 9,4 | 41,8 |
| III вариант – N ₄₅ кг/га | 9,6 | 37,2 | 5,4 | 21,2 | 10,7 | 41,6 |
| IV вариант – N ₆₀ кг/га | 10,4 | 35,3 | 6,8 | 23,1 | 12,3 | 41,6 |

Table 4
The structure of medicinal raw materials of the *Agastache rugosa* (average for 2018–2020)

| Variants experience (doses of nitrogen fertilizers) | Green mass | | | | | |
|--|------------|------|----------------|------|-------|------|
| | Leaves | | Inflorescences | | Stems | |
| | t/ha | % | t/ha | % | t/ha | % |
| I variant – without fertilizer (control) | 8.0 | 46.1 | 2.0 | 11.5 | 7.3 | 42.4 |
| II variant – N ₃₀ kg/ha | 9.6 | 42.4 | 3.6 | 15.8 | 9.4 | 41.8 |
| III variant – N ₄₅ kg/ha | 9.6 | 37.2 | 5.4 | 21.2 | 10.7 | 41.6 |
| IV variant – N ₆₀ kg/ha | 10.4 | 35.3 | 6.8 | 23.1 | 12.3 | 41.6 |

В 2018–2020 гг. проводили изучение влияния возрастающих доз азотных удобрений на продуктивность и структуру надземной биомассы лофанта тибетского (*Lophanthus tibeticus* C. Y. Wu et Y. C. Huang). Посев семян подзимний (2017 г. – конец сентября; 2018–2019 гг. – начало октября). В схему опыта включены 4 варианта: I вариант – контроль, без удобрений; II вариант – N₃₀ кг/га; III вариант – N₄₅ кг/га; IV вариант – N₆₀ кг/га действующего вещества. В качестве азотного удобрения использовали аммиачную селитру (гранулированную) с комплексом микроэлементов. Состав удобрения: N (азот общий) – 33 %; магний (MgO) – 2,0 %; сера (S) – 8,0 %; бор (B) – 0,09 %; медь (Cu) – 0,08 %; железо (Fe) – 0,16 %; марганец (Mn) – 0,16 %; цинк (Zn) – 0,09 %. Удобрения вносили поверхностно через 10–12 дней после появления всходов лофанта тибетского с последующим мульчированием хорошо минерализованным низинным торфом. В ходе эксперимента проводились наблюдения за динамикой роста и среднесуточным приростом лофанта тибетского. Установлено, что высота растений и среднесуточный прирост находятся в тесной зависимости от доз азотных удобрений. Низкие показатели характерны для растений в I варианте, где удобрения не вносили: по всем датам учета отрастание растений более медленное, высота растений в период уборки урожая составила 79 см. Прирост растений был заметно ниже, чем в других изучаемых вариантах, по датам учета он колебался от 1,0 см до 1,54 см в сутки [4, с. 5]. Значительные изменения во внешнем облике растений отмечаются во II варианте (N₃₀ кг/га): увеличивается среднесуточный прирост, высота растений в период уборки урожая на 15 см больше, чем в контроле. В III варианте (N₄₅ кг/га) наблюдается дальнейшее увеличение показателей высоты и среднесуточного прироста, растения заметно лучше сформированы. Высокие показатели характерны для IV варианта (N₆₀ кг/га): к середине августа высота растений достигает

максимума, она составила – 108 см, что на 29 см больше, чем в контрольном варианте. Прирост растений варьировался от 1,29 до 2,15 см в сутки. По всем датам учета показатели высоты и среднесуточного прироста были выше, чем в других изучаемых вариантах.

В период массового цветения (в середине августа) определяли продуктивность надземной биомассы лофанта тибетского. Растения срезали на всех делянках (в трех повторностях), взвешивали, устанавливали выход зеленой массы с единицы площади, отбирали по три типичных растения, в лаборатории определяли структурный состав надземной биомассы (листья, соцветия, побеги разных порядков), высушивали до воздушно-сухого состояния (влажность – 17 %). В таблице 3 приводятся результаты продуктивности надземной биомассы, полученные в течение трех лет исследования. Выявлена положительная реакция лофанта тибетского на внесение азотных удобрений. Установлено, что, чем выше уровень азотного питания, тем больше биологическая продуктивность. Самая высокая продуктивность надземной биомассы по годам исследования сформирована в IV варианте: в среднем за 2018–2020 гг. получено зеленой массы – 29,5 т/га; воздушно-сухого вещества – 7,1 т/га. Прибавка продуктивности в вариантах, где вносили азотные удобрения, была достоверно выше, чем в контроле, она существенно превышала величину НСР₀₅.

В процессе исследования было изучено влияние разных уровней азотного питания на биометрические характеристики соцветий лофанта. Установлено, что биометрические показатели соцветий существенно отличаются по вариантам, выявлена тесная зависимость между дозой азотных удобрений и числом соцветий. В контрольном варианте сформировано меньше соцветий – 43 шт., по мере увеличения доз азотных удобрений их число возрастает: II вариант – 48; III вариант – 72 шт. в среднем на 1 рас-

тение. Максимальные показатели получены в IV варианте (N_{60} кг/га), где число соцветий (77 шт.) по сравнению с контрольным вариантом увеличилось в 1,6 раза. Заметные отличия наблюдаются в длине соцветий: в I варианте в период массового цветения доминируют соцветия, у которых длина составляла 3 см и менее; соцветий, у которых длина превышала 5 см, сформировано всего 5 шт., в то же время в IV варианте – в среднем 27 шт.. Как правило, крупные соцветия образованы на побегах первого порядка, их длина варьировалась от 6 до 15 см, соцветия меньших размеров наблюдались на побегах второго и третьего порядков.

Увеличение дозы азотных удобрений влечет за собой рост доли соцветий в надземной биомассе (таблица 4). Если в контрольном варианте в фазе цветения масса соцветий составляла в среднем 2,0 т/га (11,5 %), то под влиянием азотных удобрений участие соцветий в надземной биомассе существенно возрастает и достигает максимума в IV варианте (6,8 т/га – 23,1 %). Между дозой азотных удобрений и массой соцветий лофанта тибетского выявлена хорошо выраженная корреляционная зависимость ($r = 0,95$), а также высокий коэффициент детерминации ($d_{xy} = 91,2\%$). В целом, под влиянием азотных удобрений, прослеживается четкая тенденция увеличения массы ценных в лекарственном отношении структурных элементов (листьев и соцветий), максимальная их величина получена в IV варианте (листьев – 10,4 т / га; соцветий – 6,8 т/га).

Библиографический список

1. Все о лекарственных растениях. Санкт-Петербург: СЗКЭО, 2016. 192 с.
2. Сапарклычева С. Е. Виды лофанта, интродуцируемые на Среднем Урале [Электронный ресурс] // Вестник биотехнологии: электронный научный журнал. 2020. № 1 (22). URL: <http://bio.beonrails.ru/ru/issues/2020/1/176> (дата обращения: 26.04.2020).
3. Абрамчук А. В. Особенности возделывания лофанта тибетского в условиях Среднего Урала // Селекция и семеноводство в растениеводстве: сборник материалов международной научно-практической конференции «Стратегические задачи по научно-технологическому развитию АПК». Екатеринбург, 2018. С. 1–5.
4. Абрамчук А. В. Опыт интродукции лофанта тибетского (*Lophanthus tibeticus*) в условиях Среднего Урала // Вестник биотехнологии. 2018. № 2 (16). С. 3.
5. Абрамчук А. В., Мингалев С. К., Карпухин М. Ю. Эффективность предпосевной обработки семян лофанта тибетского регуляторами роста // Аграрный вестник Урала. 2018. № 6 (173). С. 5–10.
6. Абрамчук А. В., Карпухин М. Ю. Влияние сроков посева на семенную продуктивность лофанта тибетского / А. В. Абрамчук // Коняевские чтения: сборник научных трудов VI Международной научно-практической конференции. Екатеринбург, 2018. С. 202–205.
7. Карпухин М. Ю., Абрамчук А. В., Мингалев С. К. Элементы интродукции лофанта тибетского (*Lophanthus tibeticus* C. Y. wu et Y. C. Huang) // Научный и инновационный потенциал развития производства, переработки и применение эфиромасличных и лекарственных растений: материалы Международной научно-практической конференции. Симферополь, 2019. С. 100–106.
8. Кустова О. К., Приходько С. А., Глухов А. З., Кустов Д. Ю. Интродукция видов рода *Agastache* Clayt. Ex Gronov. в Донецком ботаническом саду и перспективы их использования // Промышленная ботаника. 2019. Вып. 19. № 1. С. 17–22.
9. Хлебцова Е. Б., Сорокина А. А. Иммуномодулирующее действие флавоноидов лофанта анисового // Фармация. 2014. № 4. С. 45–48.
10. Слепцов И. В. Журавская А. Н. Полисахариды в вегетативной массе *Amaranthus retroflexus*, *Agastache rugosa* и *Thlaspi arvense* в условиях Центральной Якутии // Химия растительного сырья. 2018. № 4. С. 73–79.
11. Альгамирова А. А., Джабраилова Х. У., Карсамова М. А., Юсупова С. С. Лофант анисовый и его химический состав // Молодые ученые в решении актуальных проблем науки: материалы VIII Международной научно-практической конференции. Владикавказ, 2018. С. 183–186.
12. Зориков П. С., Колдаев В. М., Маняхин А. Ю. Сравнительные оптические характеристики извлечений из лофантов тибетского и анисового // Тихоокеанский медицинский журнал. 2015. № 2. С. 44–46.
13. Еремеева Е. А. Лофант анисовый (*Agastache foeniculum* (Pursh.) o. Kuntze) как источник биологически активных веществ // Вклад молодых ученых в аграрную науку: материалы международной научно-практической конференции. Кинель, 2016. С. 11–13.
14. Ильина Т. А. Лекарственные растения: большая иллюстрированная энциклопедия. Москва: «Э», 2017. 304 с.
15. Чулкова В. В., Чапалда Т. Л., Пояркова Н. М. Растения-репелленты // От инерции к развитию: научно-инновационное обеспечение АПК: сборник материалов международной научно-практической конференции. Екатеринбург, 2020. С. 105–107.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Проведенное исследование показало, что лофант тибетский в природно-климатических условиях Среднего Урала при рассадном способе возделывания способен формировать довольно высокую продуктивность надземной биомассы, на величину которой активно влияют сроки посева. Лучший результат получен в I варианте – 26,3 т/га (2013–2014 гг.); 24,1 т/га (2015 г.); минимальная продуктивность – в IV варианте, по годам исследования она варьировалась от 14,8 до 17,6 т/га. Между сроками посева и продуктивностью лофанта тибетского выявлена тесная корреляционная зависимость ($r = 0,95$), а также высокий коэффициент детерминации ($d_{xy} = 91,9\%$).

Исследование показало, что азотные удобрения оказывают влияние практически на все процессы, происходящие в фитотенезе лофанта тибетского: увеличиваются высота и среднесуточный прирост, число и масса соцветий, что влечет за собой рост надземной биомассы. Наибольший выход лекарственного сырья (в среднем за 2018–2020 гг.) получен в IV варианте (N_{60} кг/га): зеленая биомасса – 29,5 т/га; воздушно-сухое вещество – 7,1 т/га. Для этого варианта характерно существенное увеличение в урожае массы ценных в лекарственном отношении структурных элементов (листьев – 10,4 т/га; соцветий – 6,8 т/га).

16. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): учебник для высших сельскохозяйственных учебных заведений. Стереотип. изд., перепеч. с 5-го изд., доп. и перераб. Москва: Альянс, 2014. 415 с.

17. Carrillo-Galván G., Bye R., Eguiarte L. E., et al. Domestication of aromatic medicinal plants in Mexico: *Agastache* (Lamiaceae) Lamiaceae – an ethnobotanical, morpho-physiological, and phytochemical analysis [e-resource] // Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine. 2020. Vol. 16. Article number 22. URL: <https://doi.org/10.1186/s13002-020-00368-2> (appeal date: 03.07.2020).

18. Zielińska S., Matkowski A. Phytochemistry and bioactivity of aromatic and medicinal plants from the genus *Agastache* (Lamiaceae) // Phytochemistry Reviews. 2014. No. 13 (2). Pp. 391–416.

19. Haiyan G., Chen Z., Lijuan H., Shaoyu L., Ashraf M.A. Antimicrobial, antibiofilm and antitumor activities of essential oil of *Agastache rugosa* from Xinjiang, China // Saudi Journal of Biological Sciences. 2016. Vol. 23. No. 4. Pp. 524–530.

Об авторах:

Анна Васильевна Абрамчук¹, кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры растениеводства и селекции, ORCID 0000-0002-7908-4416, AuthorID 94812; +7 953 005-68-44, fito41@mail.ru

Светлана Евгеньевна Сапарклычева¹, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры растениеводства и селекции, ORCID 0000-0003-0463-7749, AuthorID 651975; +7 922 295-23-58, s.e.saparklycheva@mail.ru

Валентина Викторовна Чулкова¹, доцент, заведующая кафедрой растениеводства и селекции, ORCID 0000-0003-4757-9665, AuthorID 1061367; +7 908 916-40-75, vchulkova75@mail.ru

¹ Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

Productivity of Tibetan lofant (*Agastache rugosa*) depending on agrotechnical methods of cultivation in the conditions of introduction in the Middle Urals

A. V. Abramchuk¹✉, S. E. Saparklycheva¹, V. V. Chulkova¹

¹ Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

✉ E-mail: fito41@mail.ru

Abstract. Research on the introduction of lofant (*Agastache rugosa*) has been conducted by the Department of Crop Production and Breeding of the Ural State Agrarian University since 2013. Studied by sowing seeds in open ground, especially the growth and development of lofant Tibetan background on the various types of mineral fertilizers, the effect of physiologically active substances comparative assessment of the types and varieties of lofant. The research was carried out in the Uralets agricultural farm, located in the Beloyarskiy district of the Sverdlovsk region. **Methods.** Phenological and biometric observations of plant growth and development were carried out. The method for laying the experience is generally accepted according to B. A. Dospikhov. This article presents the results of the introduction work on the study of the seedling method of cultivation and application of increasing doses of nitrogen fertilizers, which had the most pronounced effect on productivity, as well as on the structural composition of aboveground biomass – the most important indicator of quality in the preparation of medicinal raw materials. **Purpose of research.** To identify the features of the formation of productivity of aboveground biomass of the *Agastache rugosa* in the natural and climatic conditions of the Middle Urals. The task was to study the influence of seedling cultivation method, as well as the introduction of increasing doses of nitrogen fertilizers on the productivity and structural composition of aboveground biomass of *Agastache rugosa*. **Results.** The study revealed a clear dependence of the productivity of *Agastache rugosa* on the time of sowing seeds for seedlings: the earlier the sowing period, the higher the productivity. The maximum yield of medicinal raw materials per unit area was obtained in the I variant (seeding on seedlings – March 10) – 25.2 t/ha, the minimum productivity was formed in the IV variant (seeding on seedlings – April 10), it was 16.2 t/ha, which is 35.7 % lower than in the I variant (on average for 2013–2015). It is established that the higher the level of nitrogen nutrition, the greater the biological productivity. The maximum productivity (on average for 2018–2020) was 29.5 t/ha (IV variant – N₆₀ kg/ha). **Scientific novelty.** For the first time, in the conditions of the Middle Urals, the features of the formation of productivity of *Agastache rugosa* with the seedling method of cultivation and different levels of nitrogen fertilizers were determined. Established: the optimal time for sowing seeds for seedlings and the dose of nitrogen fertilizers, in which *Agastache rugosa* provides high productivity with an optimal structure of medicinal raw materials.

Keywords: *Agastache rugosa*, aboveground biomass, structural composition, productivity, sowing time, nitrogen fertilizers.

For citation: Abramchuk A. V., Saparklycheva S. E., Chulkova V. V. Produktivnost' lofanta tibetskogo (*Agastache rugosa*) v zavisimosti ot agrotekhnicheskikh priemov vozdeleyvaniya v usloviyakh introduktsii na Srednem Urale [Productivity of Tibetan lofant (*Agastache rugosa*) depending on agrotechnical methods of cultivation in the conditions of introduction in the Middle Urals] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. Special issue "Biology and biotechnologies". Pp. 2–9. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-14-2-9. (In Russian.)

Paper submitted: 09.11.2020.

References

1. Vse o lekarstvennykh rasteniyakh [All about medicinal plants]. Saint Petersburg: SZKEO. 2016. 192 p. (In Russian.)
2. Saparklycheva S. E. Vidy lofanta, introdutsiruemye na Srednem Urale [Lofant species introduced in the Middle Urals] [e-resource] // Electronic scientific journal. 2020. No. 1 (22). URL: <http://bio.beonrails.ru/ru/issues/2020/1/176> (appeal date: 03.07.2020). (In Russian.)
3. Abramchuk A. V. Osobennosti vzdelyvaniya lofanta tibetskogo v usloviyakh Srednego Urala [Peculiarities of Tibetan lofant empowerment in the conditions of the Middle Urals] // Selektsiya i semenovodstvo v rastenievodstve: sbornik materialov mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Strategicheskie zadachi po nauchno-tehnologicheskomu razvitiyu APK". Ekaterinburg, 2018. Pp. 1–5. (In Russian.)
4. Abramchuk A. V. Opyt introduktsii lofanta tibetskogo (*Lophanthus tibeticus*) v usloviyakh Srednego Urala // Vestnik biotekhnologii. 2018. No. 2. (16). P. 3. (In Russian.)
5. Abramchuk A. V., Mingalev S. K., Karpukhin M. Yu. Effektivnost' predposevnoy obrabotki semyan lofanta tibetskogo regulyatorami rosta // Agrarian Bulletin of the Ural. 2018. No. 6 (173). Pp. 5–10. (In Russian.)
6. Abramchuk A. V., Karpukhin M. Yu. Vliyanie srokov poseva na semennuyu produktivnost' lofanta tibetskogo [Influence of sowing dates on seed productivity of Tibetan lofant] // Konyaevskie chteniya: sbornik nauchnykh trudov VI Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Ekaterinburg, 2018. Pp. 202–205. (In Russian.)
7. Karpukhin M. Yu., Abramchuk A. V., Mingalev S. K. Elementy introduktsii lofanta tibetskogo (*Lophanthus tibeticus* C. Y. wu et Y. C. Huang) // Nauchnyy i innovatsionnyy potentsial razvitiya proizvodstva, pererabotki i primeneniya efimomastichnykh i lekarstvennykh rasteniy: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Simferopol, 2019. Pp. 100–106. (In Russian.)
8. Kustova O. K., Prikhod'ko S. A., Glukhov A. Z., Kustov D. Yu. Introduktsiya vidov roda Agastache Clayt. Ekh Gronov. v Donetsk botanicheskom sadu i perspektivy ikh ispol'zovaniya [Introduction of some species from the genus Agastache Clayt. Ex Gronov. In Donetsk botanical garden and their application potential] // Promyshlennaya botanika. 2019. Vol. 19. No. 1. Pp. 17–22. (In Russian.)
9. Khlebtsova E. B., Sorokina A. A. Immunomoduliruyushchee deystvie flavonoidov lofanta anisovogo [Immunomodulatory effect of anise lofant flavonoids] // Pharmacy. 2014. No. 4. Pp. 45–48. (In Russian.)
10. Sleptsov I. V., Zhuravskaya A. N. Polisakharidy v vegetativnoy masse *Amaranthus retroflexus*, *Agastache rugosa* i *Thlaspi arvense* v usloviyakh Tsentral'noy Yakutii [Polysaccharides in tissues *Amaranthus retroflexus*, *Agastache rugosa* and *Thlaspi arvense* in the conditions of central Yakutia] // Khimija rastitel'nogo syr'ya. 2018. No. 4. Pp. 73–79. (In Russian.)
11. Al'tamirova A. A., Dzhabrailova Kh. U., Karsamova M. A., Yusupova S. S. Lofant anisovyy i ego khimicheskii sostav [Lofant anise and its chemical composition] // Molodye uchenye v reshenii aktual'nykh problem nauki: materialy VIII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Vladikavkaz, 2018. Pp. 183–186. (In Russian.)
12. Zorikov P. S., Koldaev V. M., Manyakhin A. Yu. Sravnitel'nye opticheskie kharakteristiki izvlecheniy iz lofantov tibetskogo i anisovogo [Comparative optical characteristics of extracts from giant hyssop Tibetan and anise] // Pacific Medical Journal. 2015. No. 2. Pp. 44–46. (In Russian.)
13. Eremeeva E. A. Lofant anisovyy (*Agastache foeniculum* (Pursh.) o. Kuntze) kak istochnik biologicheski aktivnykh veshchestv [Lophanthus anisatus (*Agastache foeniculum* (Pursh.) O. Kuntze) as a source of biologically active substances] // Vklad molodykh uchenykh v agrarnuyu nauku: materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Kinel, 2016. Pp. 11–13. (In Russian.)
14. Ilyina T. A. Lekarstvennye rasteniya: bol'shaya illyustrirovannaya entsiklopediya [Medicinal plants: A large illustrated encyclopedia]. Moscow: "E", 2017. 304 p. (In Russian.)
15. Chulkova V. V., Chapalda T. L., Poyarkova N. M. Rasteniya-repellenty [Repellent plants] // Ot inertsi k razvitiyu: nauchno-innovatsionnoe obespechenie APK: sbornik materialov mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Ekaterinburg, 2020. Pp. 105–107. (In Russian.)
16. Dospikhov B. A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy): uchebnik dlya vysshikh sel'skokhozyaystvennykh uchebnykh zavedeniy [Methods of field experience (with the basics of statistical processing of research results): a textbook for higher agricultural educational institutions]. Stereotype edition, reprinted from the 5th edition, supplemented and revised]. Moscow: Alyans, 2014. 415 p. (In Russian.)
17. Carrillo-Galván G., Bye R., Eguiarte L. E., et al. Domestication of aromatic medicinal plants in Mexico: *Agastache* (Lamiaceae) – an ethnobotanical, morpho-physiological, and phytochemical analysis [e-resource] // Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine. 2020. Vol. 16. Article number 22. URL: <https://doi.org/10.1186/s13002-020-00368-2> (appeal date: 03.07.2020).
18. Zielińska S., Matkowski A. Phytochemistry and bioactivity of aromatic and medicinal plants from the genus *Agastache* (Lamiaceae) // Phytochemistry Reviews. 2014. No. 13 (2). Pp. 391–416.
19. Haiyan G., Chen Z., Lijuan H., Shaoyu L., Ashraf M.A. Antimicrobial, antibiofilm and antitumor activities of essential oil of *Agastache rugosa* from Xinjiang, China // Saudi Journal of Biological Sciences. 2016. Vol. 23. No. 4. Pp. 524–530.

Authors' information:

Anna V. Abramchuk¹, candidate of biological sciences, associate professor, associate professor of the department of plant production and selection, ORCID 0000-0002-7908-4416, AuthorID 94812; +7 953 005-68-44, fito41@mail.ru

Svetlana E. Saparklycheva¹, candidate of agricultural sciences, associate professor, associate professor of the department of plant production and selection, ORCID 0000-0003-0463-7749, AuthorID 651975; +7 922 295-23-58, s.e.saparklycheva@mail.ru

Valentina V. Chulkova¹, candidate of agricultural sciences, associate professor, associate professor, of the department of plant production and selection, ORCID 0000-0003-4757-9665, AuthorID 1061367; +7 908 916-40-75, vchulkova75@mail.ru

¹ Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

Оценка состояния опорно-двигательного аппарата у спортивных лошадей в условиях Среднего Урала

А. С. Баркова¹✉, И. М. Мильштейн¹, Е. И. Шурманова¹

¹ Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

✉ E-mail: barkova.as@mail.ru

Аннотация. Цель работы – оценка эффективности методов визуальной диагностики заболеваний опорно-двигательного аппарата у спортивных лошадей и распространения заболеваний в условиях конноспортивных клубов Среднего Урала. **Методы.** Проведен анализ диагностических возможностей рентгенологического и ультразвукового исследований у 31 спортивной лошади различных возрастных категорий. Часть животных имели выраженные клинические признаки патологий опорно-двигательной системы, а у других животных исследования проводились в рамках предпродажной подготовки. **Результаты.** Полученные результаты показали, что у 30 из 31 обследованных лошадей (96,7 %) было выявлено 65 различных патологий. Наиболее часто регистрировались нарушение оси пальца, переломы и трещины, сближение остистых отростков, торцовое копыто, тендиниты, артрозы II, III, IV степени, в том числе I степени, клинически не выраженные. У молодых животных возрастом до 1 года преобладают такие патологии, как нарушение оси пальца и трещины костей, с 1 года до 3 регистрировались переломы копытной кости, преобладает появления торцового копыта и нарушение оси пальца, при этом в данных группах животных при ультразвуковом исследовании патологий зарегистрировано не было. Таким образом, по результатам визуальной диагностики в возрастных группах с 0 до 3 лет на одну лошадь в среднем приходится 1,6 патологии, в возрастных группах с 3 лет и старше – 2,3 патологии. Исходя из приведенного выше комплексное использование методов визуальной диагностики показало высокую эффективность при оценке состояния опорно-двигательного аппарата у животных всех возрастных групп. **Научная новизна.** Проведено исследование состояния опорно-двигательного аппарата у спортивных лошадей в условиях конноспортивных клубов Среднего Урала. Определены наиболее часто встречающиеся заболевания и эффективные методы их диагностики. **Ключевые слова:** спортивная лошадь, опорно-двигательный аппарат, ультразвуковое исследование, рентгенологическое исследование.

Для цитирования: Баркова А. С., Мильштейн И. М., Шурманова Е. И. Оценка состояния опорно-двигательного аппарата у спортивных лошадей в условиях Среднего Урала // Аграрный вестник Урала. 2020. Специальный выпуск «Биология и биотехнологии». С. 10–18. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-14-10-18.

Дата поступления статьи: 02.11.2020.

Постановка проблемы (Introduction)

В настоящее время в связи с изменившимися условиями, связанными прежде всего с реорганизацией сельского хозяйства и производства, созданием фермерских хозяйств и личных ферм и их рационализацией, резким увеличением спроса на спортивных и рабочих лошадей, конину, кумыс, коженное сырье, стала резко возрастать роль лошади и, следовательно, конепоголовья [1, с. 23–25], [9, с. 27–29].

Однако методы клинической диагностики не всегда позволяют своевременно диагностировать изменения в опорно-двигательном аппарате спортивной лошади, что является особенно важным на начальных стадиях заболеваний и позволяет предотвратить выбраковку животных из спорта [8, с. 215].

Спортивная лошадь является дорогостоящей инвестицией, и несвоевременная постановка диагноза может повлечь за собой колоссальный экономический ущерб владельцу, предприятию. Визуальная диагностика предоставляет широкий спектр методик, с помощью которых ветеринарный врач может в кратчайшие сроки и с высокой долей вероятности поставить точный диагноз [6, с. 38], [12, с.4].

Современная система тренинга спортивных пород лошадей часто связана с серьезными нагрузками на опорно-двигательный и связочный аппарат животного. Это вызывает увеличение вероятности серьезных последствий травматизма, снижения спортивного долголетия или выбраковки лошади. [11, с. 292].

В связи с этим актуальным вопросом является применение современных диагностических методов исследования опорно-двигательного аппарата как при появлении клинических признаков заболевания, так и с профилактической целью.

Методология и методы исследования (Methods)

В 2019 г. была проведена работа по сбору и актуализации данных аппаратных исследований спортивных лошадей разных возрастных групп и полов нескольких конноспортивных клубов Свердловской области. Было исследовано 31 животное. Оценка эффективности методов ультразвукового и рентгенологические исследования проводили на лошадях спортивных пород ганноверская, латвийская теплокровная, украинская верховая, тракененская, чистокровная верховая и их помесей.

Все животные, учувствовавшие в исследованиях, содержались в схожих условиях, с конюшным типом содержания, все лошади уже использовались в конном спорте или начинали тренировки, то есть имели постоянную физическую нагрузку. Исследованию были подвергнуты лошади из разных возрастных групп в диапазоне от 10-месячного возраста до 19 лет. У части лошадей на момент исследования регистрировали хромоту, часть лошадей исследовали непосредственно перед продажами.

Рентгенологические исследования были выполнены с использованием цифровой переносной рентгенологической установки Econet meX+60 (Германия) и плоско-панельного детектора VIVIX-S 1417 WB для визуализации изображения. Полный цикл получения изображения – не более 5–6 секунд. Всем лошадям вводили седативные препараты «Медитин», «Ксилазин» внутривенно в соответствии с инструкцией по применению. Седативные препараты помогают сделать снимки четкими и информативными, уменьшая при этом время проведения манипуляции.

Исследуемую конечность или анатомическую структуру животного располагали между плоскопанельным детектором и рентгеновским аппаратом, направляя рентгеновское излучение на нее. Для получения снимков использовали дорсо-пальмарную проекцию с копытной и навикулярной костей грудных конечностей, латеро-медиальные проекции с дистальных суставов пальцев четырех конечностей, дорсо-пальмарные проекции с путовых суставов тазовых конечностей и латеро-медиальные и косые проекции с двух скакательных суставов, косые проекции со всех путовых суставов, запястных, коленных. Также проводили рентгенографию шеи и остистых отростков спины лошади. Изображение получали через 5–6 с в цифровом формате на ноутбук.

Определяли целостность костной структуры, наличие трещин, изменение контуров кости, соотность друг к другу, инородные тела, кистозные образования, увеличение или уменьшение суставной щели.

Количество снимков зависело от цели проводимого исследования: в предпродажный комплект рекомендуется включать до 21 снимка, мы использовали от 14 до 21, а обследование одного сустава рекомендуют проводить в нескольких (2–4) проекциях.

Всего рентгенологическому исследованию было подвергнуто 31 животное, из которых 5 лошадей – с целью предпродажной подготовки, а 26 – с клиническими признаками, выраженными в хромоте или асимметрии конечностей. Проведение рентгенологического исследования занимало от 30 до 60 минут и зависело от количества снимков и нрава лошади. Лошади перед проведением рентгена при обследовании копыт были расковыряны и расчищены. Также перед проведением рентгенологического исследования были проведены сбор анамнеза и ортопедический осмотр.

Ультразвуковое исследование суставов проводили с использованием ультразвукового аппарата Mindrey DP-50, с линейным и конвексным мультисекторными датчиками. Исследование также выполнялось под седацией.

Для проведения исследования в области пальмарной, плантарной поверхностей пястных, плюсовых костей удаляли шерстный покров, а также дистальных боковых участков. Протирали или мыли конечности водой с губкой для удаления остатков шерсти и загрязнений. После чего поверхность обрабатывали 70-процентным спиртом и наносили гель высокой степени вязкости для ультразвукового исследования.

Исследуемую конечность делили на зоны, которые обозначаются цифрами и буквами латиницы (1А, 1В, 2А, 2В) для удобства исследования определенного участка, также параллельно такие же зоны обозначали на второй конечности.

Сканирование проводили в области пясти и плюсны, последовательно передвигая датчик по конечности сверху вниз, попеременно сравнивая полученные результаты на симметричных конечностях.

При проведении сканирования обращали внимание на месторасположение, размер, форму, экзогенность, а также наличие рубцов, отеков, спаек. Осмотром сухожилия при продольном сканировании подтверждали уже полученные данные, оценивали экоструктуру и параллельность сухожильных волокон.

Обследование всегда проводили на обеих конечностях, даже если проблемы предполагают на одной, для сравнения размера, структуры сухожилий в исследуемой зоне.

Таблица 1
Патологии, выявленные при рентгенологическом исследовании

| Патологии | Количество голов | % |
|---|------------------|----|
| Переломы костей | 7 | 23 |
| Артрозные изменения | 11 | 37 |
| Нарушение оси пальца | 3 | 10 |
| Сращение или сближение остистых отростков | 6 | 20 |
| Торцовое копыто | 6 | 20 |

Table 1
Pathologies revealed by X-ray examination

| Pathology | Number of animals | % |
|--|-------------------|----|
| Bone fractures | 7 | 23 |
| Arthritic changes | 11 | 37 |
| Violation of the finger axis | 3 | 10 |
| Fusion or convergence of spinous processes | 6 | 20 |
| End hoof | 6 | 20 |

Результаты (Results)

были собраны и актуализированы данные аппаратных исследований спортивных лошадей разных возрастных групп и полов, содержащихся в одинаковых условиях (с конношленным типом) из нескольких конноспортивных клубов Свердловской области за 2019 г. Все лошади уже учувствуют в конном спорте: конкур, выездка, троеборье – или начинают подготовку, т. е. имеют постоянную физическую нагрузку.

Проведенные рентгенологические исследования показали, что у 37 % исследуемых животных выявляются признаки артрозных изменений (рис. 7), 27 % из которых составляют артрозы I степени, не имеющие клинического проявления, у 23 % исследуемых лошадей были выявлены переломы костей преимущественно конечностей (рис. 1, 2), у 20 % – сращение или сближение остистых отростков грудных позвонков, 20 % животных имели с торцовое копыто, 10 % – нарушение оси пальца (таблица 1).

Многие крупные или труднодоступные суставы лошади, такие как коленный, крестцово-подвздошный, плечевой, тазобедренный, височно-нижнечелюстной, технически невозможно обследовать полностью на рентгене, поэтому их исследуют комбинированно, при помощи ультразвукового и рентгенологического оборудования [10, с. 72–73], [16, с. 248–250].

По результатам проведенного ультразвукового исследования установлено, что 50 % животных с клинически выраженными повреждениями и воспалениями сухожилий имели признаки разрывов и растяжений.

При этом в группах лошадей от 0 до 1 года, и от 1 года до 3 лет патологий сухожилий не выявлено, что может быть связано с тем, что активный тренинг, а именно приучение лошади преодолевать барьерные препятствия и совершать прыжки, в конных клубах Свердловской области начинается с 3–4-летнего возраста животного. В группе с 3 до 10 лет и в группе старше 10 лет по 7 лошадей в каждой с патологиями сухожилий.

У одной лошади в возрасте 12 лет, занимающейся конкурсом, по результатам ультразвукового исследования обнаружен частичный разрыв глубокого пальцевого сгибателя на обеих грудных конечностях (рис. 3).

Ушибы, падения, прыжки, растяжения для лошадей, занимающихся конкурсом и выездкой, популярными видами конного спорта, не редкость, что является причиной тендинитов [5, с. 32–34].

У двух лошадей по результатам ультразвукового исследования в сухожильных влагалищах выявлено воспаление – тендовагинит, параллельно у этих же лошадей имеется тендинит, который и способствует развитию хронического тендовагинита (таблица 2).

При комплексном исследовании установлено, что 20 % лошадей по результатам рентгенологического исследования имеют торцовое копыто, 10 % животных нарушение оси пальца, что является причинами перенапряжения сухожилий лошади и приводит в дальнейшем к развитию тендинита, что подтверждается результатами ультразвукового у 50 % животных. Примеры эхограмм приведены на рис. 4, 5.



Рис. 1. Артрозные изменения I, II степени
Fig. 1. Arthritic changes of 1st, 2nd degrees



Рис. 2. Перелом путовой кости
Fig. 2. Fracture of the fetlock

Таблица 2

Патологии, выявленные при ультразвуковом исследовании у лошадей за период 2019 г.

| Патологии | Количество голов | % |
|--|------------------|----|
| Повреждения, воспаления сухожилий – тендинит | 15 | 50 |
| Воспаления сухожильных влагалищ – тендовагинит | 2 | 6 |

Table 2

Pathologies revealed by ultrasound examination in horses for the period of 2019

| Pathology | Number of animals | % |
|---|-------------------|----|
| Injuries, inflammations of tendons – tendonitis | 15 | 50 |
| Inflammation of the tendon sheaths – tendovaginitis | 2 | 6 |

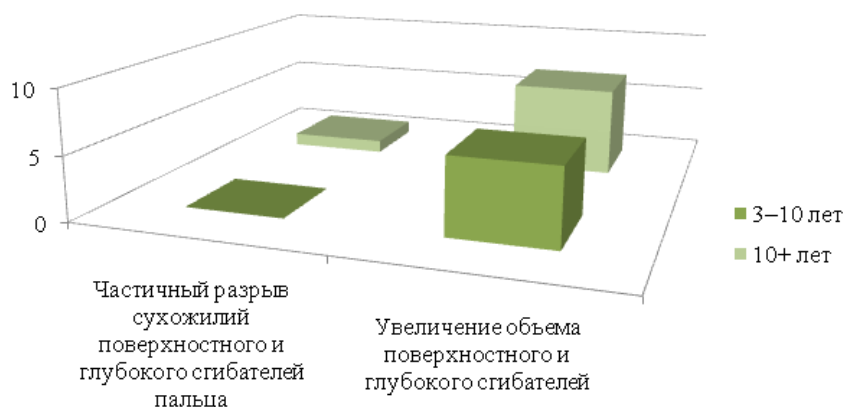


Рис. 3. Патологии суставов в зависимости от возраста

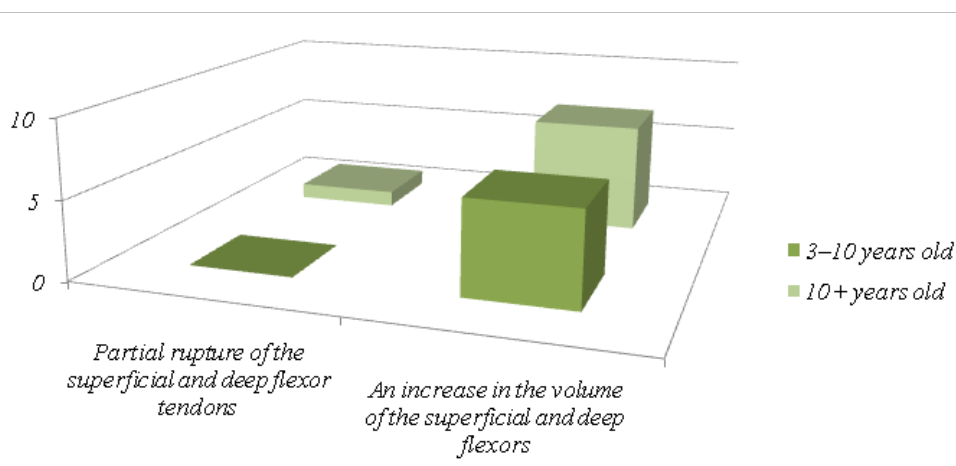


Fig. 3. Pathology of the joint depending on age

Таким образом, при проведении комплексной визуальной диагностики патологий опорно-двигательного аппарата у спортивных лошадей было установлено, что у 30 лошадей регистрируются отклонения в опорно-связочном аппарате, при этом 1 лошадь была клинически здорова и полностью пригодна к использованию в конном спорте, соответственно, 96,7 % лошадей имеют патологии опорно-двигательного аппарата.

Стоит отметить, что по результатам исследований было зафиксировано 65 патологий различного характера, касающихся опорно-связочного аппарата, у 30 лошадей. При этом были сформированы группы лошадей в зависимости от возраста: от 0 до 1 года; от 1 года до 3 лет; от 3 до 10 лет; старше 10 лет.

В зависимости от возраста у животных было выявлено различное количество патологий. В группе от 1 года до 3 лет, когда жеребят уже отнимают, но они еще не половозрелые, зафиксировано 8 патологий, с 3 до 10 лет – 31 патология, старше 10 лет – 21 патология.

При этом в группе до года наблюдаются такие заболевания, как нарушение оси пальца, что в дальнейшем может привести к торцовому копыту, сближение остистых отростков, лизис кости. Однако эти три заболевания наблюдались у одного жеребенка и скорее связаны с его индивидуальными условиями тренинга. У других животных отмечались трещины костей [15, с. 70–73].

В первые месяцы жизни постоянно растущие кости и копыта жеребенка очень подвержены риску утери симме-

трии, а также им требуется постоянная и грамотная коррекция копыта, и неправильная расчистка может привести к нарушению оси пальца [7, с. 215].

В группе с 1 года до 3 лет регистрировались переломы копытной кости, преобладает появления торцового копыта и нарушение оси пальца (рис. 6).

В группе с 3 до 10 лет, то есть у животных с активным участием в тренингах и соревнованиях выявлены артрозы I степени, а также II–III степени, торцовое копыто, нарушение оси пальца, появляется сближение остистых отростков, переломы, растяжения сухожилий (тендиниты). При этом 7 лошадей данной группы имеют растяжения сухожилий, что может быть связано с неправильно дозированной нагрузкой на животное. В связи с тем, что на запястьях лошади кости покрывает только тонкий слой кожи с сухожилиями, фиксирующими суставы, при агрессивном тренинге и постоянных прыжках сухожилия растягиваются, что приводит к развитию тендинитов или к полному разрыву сухожилий.

Нарушение оси пальца, или нарушение соосности, связано с неправильной ковкой лошади. Следствием нарушения оси пальца будет развитие торцового копыта.

Средний вес лошади – 500–600 кг. Оптимальный вес, который может нести лошадь без вреда на опорно-двигательный аппарат, составляет 15 %, учитывая вес амуниции, однако в связи с тем, что данные требования редко соблюдаются, это приводит к повышенной нагрузке на спину животного и дальнейшему сближению остистых отростков [3, с. 112–114].

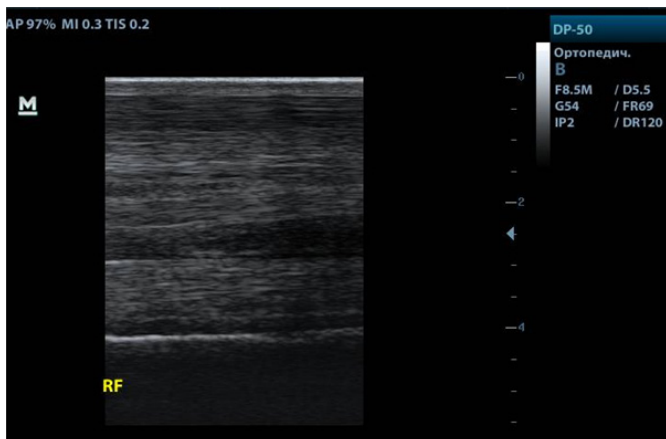


Рис. 4. Увеличение поверхностного и глубокого сгибателя пальца
Fig. 4. Increased superficial and deep flexor of the finger

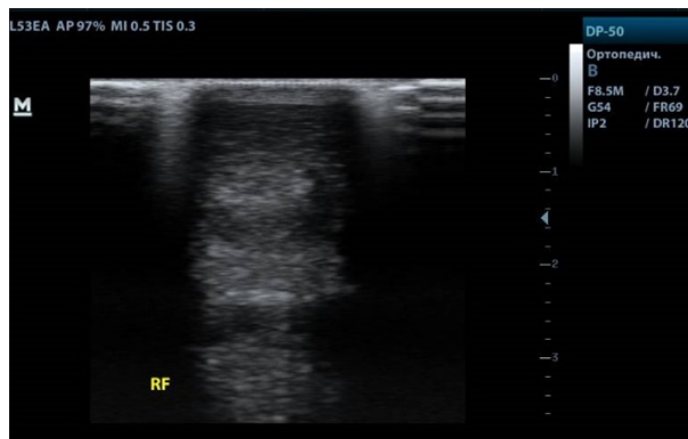


Рис. 5. Ультразвуковое изображение сухожилий у лошади с тендинитом поверхностного сгибателя
Fig. 5. Ultrasound image of horse tendons with superficial flexor tendonitis



Рис. 6. Нарушение оси пальца
Fig. 6. Violation of the finger axis

В группе лошадей старше 10 лет преимущественно регистрируются сближение остистых отростков, тендиниты и артрозы. Всего на возрастную группу старше 10 лет приходится 21 нарушение, из которых 17 нарушений было у лошадей, занимающихся такими видами спорта, как конкур и выездка.

Тренинг лошадей зачастую не учитывает анатомо-физиологических особенностей опорно-двигательного аппарата. В природе лошадь всегда «дозирует» свое движение и выбирает аллюры согласно местности и грунту, а прыжки совершают крайне редко [17, с. 25–31]. В конном спорте, в частности конкуре, лошади с всадником на спине приходится преодолевать препятствия посредством прыжка, в галопе, при этом учитывается скорость. После прыжка лошадь приземляется на выпрямленные передние ноги (отсутствие ключиц, связывающих плечевую кость с лопаткой, не позволяет ей смягчать толчок о землю). Учитывая, что на спине лошади находится всадник, этот удар о землю усугубляется при несбалансированном сдвиге седла на холку в область наиболее выраженных остистых отростков [2, с. 219–221], [4, с. 301–303]. В результате мы получаем сближение остистых отростков, воспаления сухожилий (тендиниты) и артрозы II–III степени, что может привести к полной выбраковке лошади (рис. 8).

В ходе проведенных исследований установлено, что 37 заболеваний наблюдаются у мужских особей, 28 – у женских.

Тендиниты у мужских особей наблюдаются в два раза чаще, чем у женских. Это может быть связано с тем, что мерины имеют повышенную нервную возбудимость [13, с. 23].

По группам возрастов: в группе до года отклонения встречаются независимо от половой принадлежности животного, в группе с 1 до 3 лет из 8 отклонений 7 имели лошади мужского пола; в группе с 3 до 10 лет 18 патологий у мужских и 13 – у женских особей, у животных старше 10 лет заболевания регистрировались с одинаковой частотой независимо от пола животного.

При оценке распространения заболеваний конечностей зарегистрирована 41 патология грудных конечностей, 15 – тазовых конечностей, 6 патологий позвоночника у 6 лошадей (рис. 9).

Исходя из этих данных мы можем сделать вывод, что у 90 % лошадей с отклонениями, связанными с опорно-связочным аппаратом, проблемы наблюдаются в области грудных конечностей. При этом, учитывая, что патологические изменения выявлены у 27 лошадей и в совокупности представлена 41 патология, можно сделать вывод, что отклонения, как правило, затрагивают обе конечности. Большое количество времени лошадь стоит на трех опорах: на двух передних конечностях и на одной задней, периодически переминается с ноги на ногу, что связано с механизмами коленного сустава при статической работе лошади [14, с. 27–29]. Поэтому длительная статическая нагрузка на грудные конечности приводит к снижению прочности костей, сухожилий, связок, повышенной нагрузке на мышечный каркас и в дальнейшем появление высокой вероятности развития патологии или травмы на грудных конечностях лошади.

На основании проведенных клинических и диагностических исследований можно заключить, что заболевания опорно-двигательного аппарата у спортивных лошадей являются широко распространенной проблемой. При этом начало формирования патологий отмечается у лошадей уже в самом начале спортивной карьеры и далее усугубляется с возрастом животного. Предрасполагающими факторами являются интенсивный тренинг животных и несбалансированные нагрузки.



Рис. 7. Торцевое копыто. Слева – рентгенограмма, справа – фото конечности
 Fig. 7. End hoof. Left – X-ray, right – photo of the limb



Рис 8. Сближение остистых отростков грудного отдела позвоночника
 Fig. 8. Approximation of the spinous processes of the thoracic spine

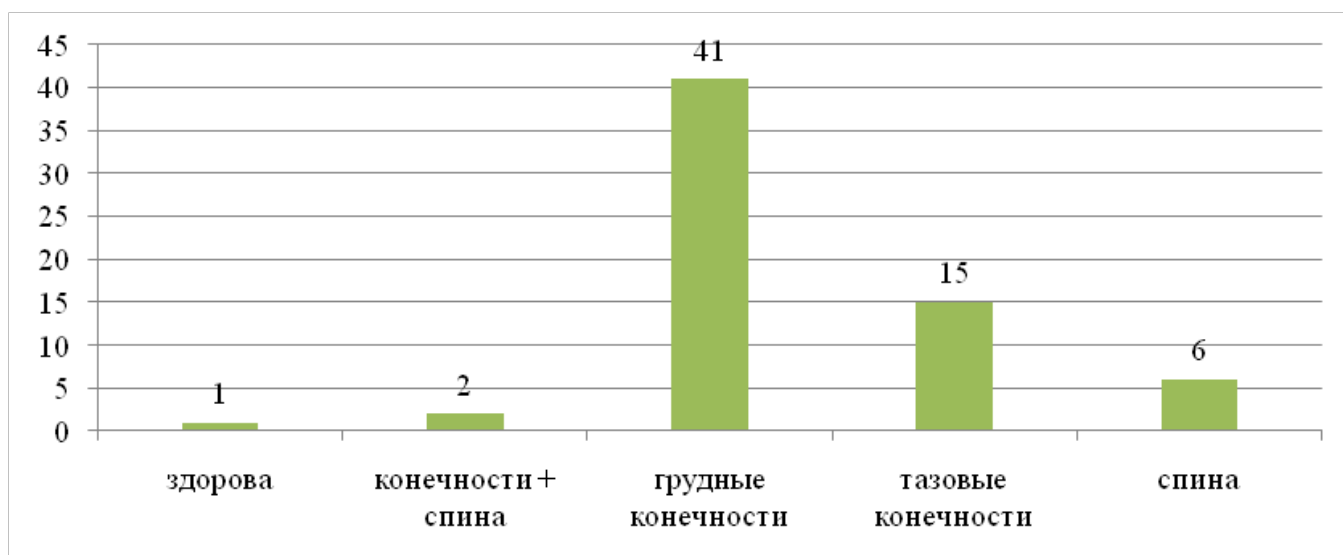


Рис. 9. Встречаемость патологий по анатомическим областям

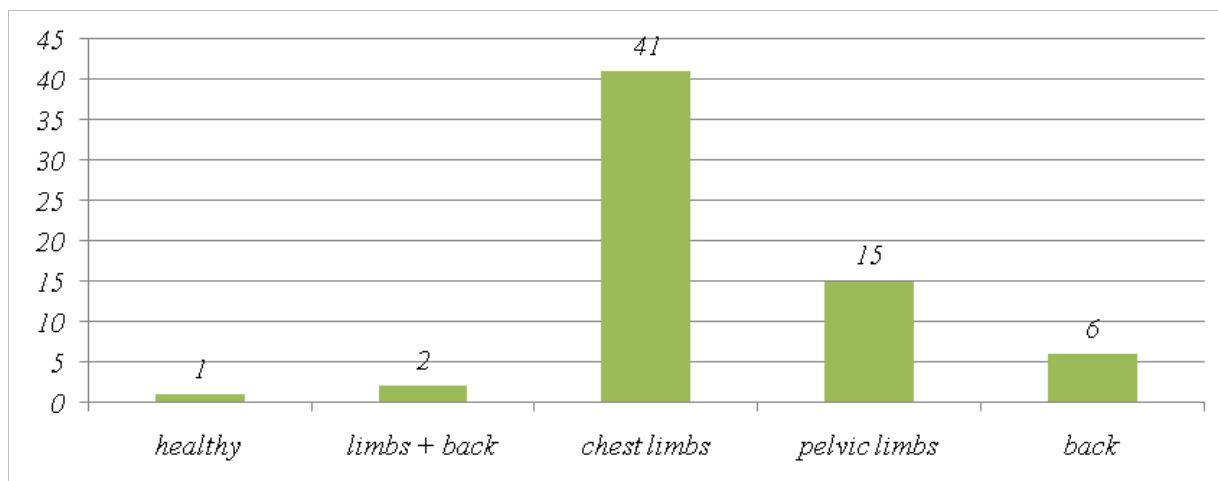


Fig. 9. The incidence of pathologies by anatomical areas

По результатам ультразвуковых и рентгенологических исследований 31 лошади конноспортивных клубов Свердловской области у 30 животных (96,7 %) были выявлены различные заболевания опорно-двигательного аппарата в количестве 65 патологий, что составило. Наиболее часто регистрируются такие патологии, как нарушение оси пальца, переломы и трещины, сближение остистых отростков, торцовое копыто, тендиниты, артрозы II, III, IV степени, в том числе I степени, клинически не выраженные. При этом в возрастных группах с 0 до 3 лет на одну лошадь в среднем приходится 1,6 патологии, в возрастных группах с 3 лет и старше – 2,3 патологии.

В связи с этим для оценки состояния здоровья лошадей как при совершении купли-продажи, так и при ежегодной диспансеризации животных рекомендуется проведение комплексного рентгенологического и ультразвукового исследования состояния опорно-двигательного аппарата спортивных лошадей, так как эти исследования являются взаимодополняющими и высокоинформативными. Проведение ранней профилактической комплексной визуальной диагностики лошади, особенно если она используется или планирует использоваться в конном спорте, помогает заранее предотвратить развитие некоторых патологий животного, напрямую повлиять на результаты тренировок и сохранить его спортивную ценность.

Библиографический список

1. Андрийчук А. В., Вартовник М. С. Технология спортивного тренинга лошадей на базе детско-юношеской спортивной школы по конному спорту «Буревестник» Львовской области // Научно-технический бюллетень Института животноводства Национальной академии аграрных наук Украины. 2010. № 103. С. 16–25.
2. Баранова А. К., Смольникова В. А. Дифференциальная диагностика болезней суставов при неправильном тренинге у спортивных лошадей // Вестник науки. 2020. Т. 2. № 6 (27). С. 218–236.
3. Бачурина Е. М., Полковникова В. И. Двигательные, прыжковые качества лошадей спортивного направления и их работоспособность // Пермский аграрный вестник. 2020. № 1 (29). С. 108–114. DOI: 10.24411/2307-2873-2020-10008.
4. Бачурина Е. М. Оценка прыжковых качеств и механики прыжка лошадей спортивного направления // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2018. № 4 (72). С. 301–303.
5. Белинский Д. В., Павельев И. Г. Пути совершенствования тренировочного процесса в конном спорте // Ресурсы конкурентоспособности спортсменов: теория и практика реализации. 2018. № 1. С. 32–34.
6. Говорова М. А., Динченко О. И. Корреляция между степенью хромоты и результатами ультрасонографического исследования у спортивных лошадей при патологии дистальных отделов конечностей // Ветеринарная патология. 2019. № 1 (67). С. 34–41. DOI: 10.25690/VETPAT.2019.67.27943.
7. Колосова О. В. Консервативные методы лечения артритов у лошадей // Наука и образование: опыт, проблемы, перспективы развития: сборник трудов XIV Международной научно-практической конференции «Наука и образование: опыт, проблемы, перспективы развития». Красноярск, 2016. С. 214–216.
8. Левченко Е. А., Стекольников А. А., Нарусбаева М. А. Травмы сухожильно-связочного аппарата у лошадей, лечение и профилактика // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. 2017. № 4. С. 81–86.
9. Любимова Ю. Г. Состояние и перспективы развития конного спорта в Красноярском крае // Вестник Курганской ГСХА. 2019. № 4 (32). С. 26–29.
10. Магер С. Н., Рузанова Т. С. Сравнительная характеристика ультрасонографии и рентгенографии в диагностике патологий конечностей у лошадей // Генетика и разведение животных. 2018. № 1. С. 67–73. DOI: 10.31043/2410-2733-2018-1-67-73.
11. Пяткина Е. А. Реакции организма спортивных лошадей на тренировочные нагрузки в экстремальных условиях // Научно-технический бюллетень Института животноводства Национальной академии аграрных наук Украины. 2014. № 111. С. 290–293.

12. Радзевич А. Н. Экстерьер и спортивные качества лошадей // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2018. № 1 (2). С. 4.
13. Сергиенко С. С., Сергиенко Г. Ф., Боровая Е. А. Вопросы физиологии тренируемой лошади, совершенствование технологий тренинга племенных и спортивных лошадей // Коневодство и конный спорт. 2015. № 5. С. 22–23.
14. Сергиенко Г. Ф., Сергиенко С. С., Храброва Л. А., Боровая Е. А. Спортивное долголетие лошадей // Коневодство и конный спорт. 2017. № 3. С. 27–29.
15. Слесаренко Н. А., Борхунова Е. Н., Ипполитова Т. В., Ковач М. Морфологическая и биомеханическая характеристика зон наименьшей устойчивости сухожилий поверхностного и глубокого сгибателей пальца кисти у спортивных лошадей // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2019. № 6. С. 62–80. DOI: 10.34677/0021-342x-2019-6-62-80.
16. Kidd J. A. Atlas of Equine Ultrasonography. New York, United States: John Wiley & Sons Inc, 2015. 503 p.
17. Pavia A. Horse Health & Nutrition For Dummies. New York, United States: John Wiley & Sons Inc, 2008. 386 p.

Об авторах:

Анна Сергеевна Баркова¹, доктор ветеринарных наук, доцент, профессор кафедры хирургии, акушерства и микробиологии, ORCID 0000-0002-2602-6810, AuthorID 610629; +7 908 903-28-36, barkova.as@mail.ru

Игорь Маркович Мильштейн¹, кандидат ветеринарных наук, доцент, доцент кафедры хирургии, акушерства и микробиологии, ORCID 0000-0001-6293-718X, AuthorID 816877

Евгения Игоревна Шурманова¹, кандидат ветеринарных наук, доцент, доцент кафедры хирургии, акушерства и микробиологии, ORCID 0000-0003-2466-8016, AuthorID 484858

¹ Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

Assessment of the condition of the musculoskeletal system sports horses in the Middle Urals

A. S. Barkova[✉], I. M. Millstein¹, E. I. Shurmanova¹

¹ Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

[✉]E-mail: barkova.as@mail.ru

Abstract. Purpose. Evaluation of the effectiveness methods of visual diagnostics of diseases of the musculoskeletal system sports horses and the spread of diseases in equestrian clubs in the Middle Urals. **Methods.** The analysis of the diagnostic capabilities of X-ray and ultrasound research 31 sports horses of different age categories was carried out. Some of the animals had pronounced clinical signs of pathologies. **The results** obtained showed that 65 different pathologies were detected in 30 out of 31 examined horses, that is, in 96.7 % of animals. Disorders of the toe axis, fractures and cracks, convergence of spinous processes, end hoof, tendinitis, arthrosis of 2nd, 3rd, 4th degrees, including 1st degree, clinically not expressed were most often recorded. In young animals under the age of 1 year, such pathologies as violation of the finger axis and cracks in the bones prevail, from 1 to 3 years of age, fractures of the coffin bone were recorded, the appearance of the end hoof and a violation of the finger axis predominated, while in these groups of animals no pathologies were recorded during ultrasound. Thus, according to the results of visual diagnostics in the age groups from 0 to 3 years, there are on average 1.6 pathologies per horse, and in the age groups from 3 years and older, there are 2.3 pathologies per horse. Based on the above, we can conclude that the complex use of visual diagnostic methods has shown high efficiency in assessing the state of the musculoskeletal system in animals of all age groups. **Scientific novelty.** In the conditions of equestrian clubs in the Middle Urals, the most common diseases of the musculoskeletal system in sports horses have been identified and the most effective methods for their diagnosis have been determined.

Keywords: sports horse, musculoskeletal system, ultrasound examination, X-ray examination.

For citation: Barkova A. S., Millstein I. M., Shurmanova E. I. Otsenka sostoyaniya oporno-dvigatel'nogo apparata u sportivnykh loshadey v usloviyakh Srednego Urala [Assessment of the condition of the musculoskeletal system sports horses in the Middle Urals] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. Special issue “Biology and biotechnologies”. Pp. 10–18. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-14-10-18. (In Russian.)

Paper submitted: 02.11.2020.

References

1. Andriychuk A. V., Vartovnik M. S. Tekhnologiya sportivnogo treninga loshadey na baze detsko-yunosheskoj sportivnoy shkoly po konnomu sportu “Burevestnik” L'vovskoy oblasti [Technology of sports training of horses on the basis of children's and youth sports school on equestrian sports “Burevestnik” of the Lviv region] // Nauchno-tekhnicheskii byulleten' Instituta zivotnovodstva Natsional'noy akademii agrarnykh nauk Ukrainy. 2010. No. 103. Pp. 16–25.

2. Baranova A. K., Smol'nikova V. A. Differential'naya diagnostika bolezney sustavov pri nepravil'nom treninge u sportivnykh loshadey [Differential diagnosis of joint diseases during improper training in sports horses] // Vestnik nauki. 2020. T. 2. No. 6 (27). Pp. 218–236.
3. Bachurina E. M., Polkovnikova V. I. Dvigatel'nye, pryzhkovye kachestva loshadey sportivnogo napravleniya i ikh rabotosposobnost' [Motor, jumping qualities of sports horses and their performance] // The Perm agrarian journal. 2020. No. 1 (29). Pp. 108–114. DOI: 10.24411/2307-2873-2020-10008.
4. Bachurina E. M. Otsenka pryzhkovykh kachestv i mekhaniki pryzhka loshadey sportivnogo napravleniya [Evaluation of jumping qualities and jumping mechanics of sports horses] // Proceedings of the Orenburg State Agrarian University. 2018. No. 4 (72). Pp. 301–303.
5. Belinskiy D. V., Pavel'ev I. G. Puti sovershenstvovaniya trenirovochnogo protsessa v konnom sporte [Ways to improve the training process in equestrian sports] // Resursy konkurentosposobnosti sportsmenov: teoriya i praktika realizatsii. 2018. No. 1. Pp. 32–34.
6. Govorova M. A., Dinchenko O. I. Korrelyatsiya mezhdu stepen'yu khromoty i rezul'tatami ul'trasonograficheskogo issledovaniya u sportivnykh loshadey pri patologii distal'nykh otdelov konechnostey [Correlation between the degree of lameness and the results of ultrasonographic research in sports horses with distal limb Pathology] // Veterinary pathology. 2019. No. 1 (67). Pp. 34–41. DOI: 10.25690/VETPAT.2019.67.27943.
7. Kolosova O. V. Konservativnye metody lecheniya artritov u loshadey [Conservative methods of treatment of arthritis in horses] // Nauka i obrazovanie: opyt, problemy, perspektivy razvitiya. Krasnoyarsk, 2016. Pp. 214–216.
8. Levchenko E. A., Stekol'nikov A. A., Narusbaeva M. A. Travmy sukhozhil'no-svyazochnogo apparata u loshadey, lechenie i profilaktika [Injuries of the tendon-ligamentous apparatus in horses, treatment and prevention] // Issues of Legal Regulation in Veterinary Medicine. 2017. No. 4. Pp. 81–86.
9. Lyubimova Yu. G. Sostoyanie i perspektivy razvitiya konnogo sporta v krasnoyarskom krae [State and prospects of development of equestrian sports in the Krasnoyarsk territory] // Vestnik Kurganskoj GSKhA. 2019. No. 4 (32). Pp. 26–29.
10. Mager S. N., Ruzanova T. S. Sravnitel'naya kharakteristika ul'trasonografii i rentgenografii v diagnostike patologiy konechnostey u loshadey [Comparative characteristics of ultrasonography and radiography in the diagnosis of limb pathologies in horses] // Genetics and animal breeding. 2018. No. 1. Pp. 67–73. DOI: 10.31043/2410-2733-2018-1-67-73.
11. Pyatkina E. A. Reaktsii organizma sportivnykh loshadey na trenirovochnye nagruzki v ekstremal'nykh usloviyakh [Reactions of the body of sports horses to training loads in extreme conditions] // Nauchno-tekhnicheskii byulleten' Instituta zhivotnovodstva Natsional'noy akademii agrarnykh nauk Ukrainy. 2014. No. 111. Pp. 290–293.
12. Radzevich A. N. Ekster'er i sportivnye kachestva loshadey [Reactions of the body of sports horses to training loads in extreme conditions] // Vestnik of Omsk State Agrarian University. 2018. No. 1 (2). P. 4.
13. Sergienko S. S., Sergienko G. F., Borovaya E. A. Voprosy fiziologii treniruemy loshadi, sovershenstvovanie tekhnologiy treninga plemennykh i sportivnykh loshadey [Questions of physiology of the trained horse, improvement of technologies of training of breeding and sports horses] // Konevodstvo i Konnyy Sport. 2015. No. 5. Pp. 22–23.
14. Sergienko G. F., Sergienko S. S., Khrabrova L. A., Borovaya E. A. Sportivnoe dolgoletie loshadey [Sports longevity of horses] // Konevodstvo i Konnyy Sport. 2017. No. 3. Pp. 27–29.
15. Slesarenko N. A., Borkhunova E. N., Ippolitova T. V., Kovach M. Morfologicheskaya i biomekhanicheskaya kharakteristika zon naimen'shey ustoychivosti sukhozhiliy poverkhnostnogo i glubokogo sgibateley pal'tsa kisti u sportivnykh loshadey [Morphological and biomechanical characteristics of the zones of least stability of the tendons of the superficial and deep flexors of the hand finger in sports horses] // Izvestiya Timiryazevskoy sel'skokhozyaystvennoy akademii. 2019. No. 6. Pp. 62–80. DOI: 10.34677/0021-342x-2019-6-62-80.
16. Kidd J. A. Atlas of Equine Ultrasonography. New York, United States: John Wiley & Sons Inc, 2015. 503 p.
17. Pavia A. Horse Health & Nutrition For Dummies. New York, United States: John Wiley & Sons Inc, 2008. 386 p.

Authors' information:

Anna S. Barkova¹, doctor of veterinary sciences, associate professor, professor of the department of surgery, obstetrics and microbiology, ORCID 0000-0002-2602-6810, AuthorID 610629; +7 908 903-28-36, barkova.as@mail.ru

Igor M. Millstein¹, candidate of veterinary sciences, associate professor, associate professor of the department of surgery, obstetrics and microbiology, ORCID 0000-0001-6293-718X, AuthorID 816877

Evgeniya I. Shurmanova¹, candidate of veterinary sciences, associate professor, associate professor of the department of surgery, obstetrics and microbiology, ORCID 0000-0003-2466-8016, AuthorID 484858

¹Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

Влияние высоких доз суперфосфата на групповой и фракционный состав фосфатов темно-серой лесной почвы

Л. Б. Каренгина^{1✉}, Ю. Л. Байкин¹, Ю. Г. Байкенова¹

¹ Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

✉ E-mail: karengina.mila@yandex.ru

Аннотация. Целью работы являлось изучение влияния высоких доз суперфосфата на урожайность кормовых бобов и состав фосфатов в темно-серой лесной почве. **Методы исследований.** Исследования проведены в микрополевым опыте. Дозы суперфосфата рассчитаны с учетом повышения содержания фосфора от средней степени до очень высокой. Общее содержание фосфора определяли после прокалывания почвы, а минеральную группу – в естественном состоянии почвы в вытяжке 0,2н серной кислоты, фракционный состав – по методу С. Чанга и М. Джексона. **Результаты.** Высокие дозы суперфосфата (степень обеспеченности фосфором высокая и очень высокая) без внесения азотных и калийных удобрений значительно снижают продуктивность бобов. Оптимальным содержанием подвижного фосфора является повышенная степень обеспеченности (101–150 мг/кг по Кирсанову). Высокие дозы суперфосфата увеличивают общее содержание фосфатов в два раза по отношению к исходной почве, минеральные фосфаты составляют 77 %, органофосфаты – 22,8–23,3 %. Анализ фракционного состава минеральных фосфатов показал, что применение водорастворимых фосфорных удобрений увеличивает количество фосфатов всех фракций. Фракция рыхлосвязанных фосфатов возрастает с 5 мг/кг почвы при средней степени обеспеченности до 14 мг/кг при очень высокой. От общего количества минеральных фосфатов фосфаты кальция занимают 20–23 %, фосфаты алюминия – 12,5–14,9 %. Доля феррофосфатов практически не меняется от дозы суперфосфата и составляет 25,3–25,7 %. Фракция труднорастворимых фосфатов наиболее значительна: при повышенной степени обеспеченности содержание фосфатов равняется 438 мг/кг и увеличивается при очень высокой степени обеспеченности до 529 мг/кг почвы, это 37,1–38,8 % от общего количества минеральной группы фосфатов. **Научная новизна** заключается в расчете дозы фосфорного удобрения с учетом ступенчатого перехода от одной степени обеспеченности в другую, от средней до повышенной, высокой и очень высокой. Такой подход к расчету доз удобрений позволяет дифференцировать и дозы азотно-калийных удобрений.

Ключевые слова: темно-серая лесная почва, дозы суперфосфата, степень обеспеченности, кормовые бобы, групповой, фракционный состав.

Для цитирования: Каренгина Л. Б., Байкин Ю. Л., Байкенова Ю. Г. Влияние высоких доз суперфосфата на групповой и фракционный состав фосфатов темно-серой лесной почвы // Аграрный вестник Урала. 2020. Специальный выпуск «Биология и биотехнологии». С. 19–27. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-14-119-27.

Дата поступления статьи: 30.10.2020.

Постановка проблемы (Introduction)

Фосфор является одним из ключевых элементов питания, влияющих на энергетические процессы (сохранение и передача энергии) в клетках растения. Это важный показатель плодородия и окультуренности почвы [1]. Вопрос о формах фосфорных соединений в почве, их растворимости и доступности растениям является весьма сложным. Сложность его обусловлена тем, что трехосновная ортофосфорная кислота может образовывать соли с катионами щелочноземельных оснований и полуторными окислами с разной степенью основности и растворимости.

Растворимость солей зависит от соотношения катионов и полуторных окислов к P_2O_5 . При соотношении 1:1 соли водорастворимы, при 2:1 не растворяются в воде, но переходят в раствор слабых кислот, при 3:1 растворяются только в сильных кислотах.

Оптимизация фосфорного режима является важной частью разработки оптимальных параметров свойств почвы. Отсутствие должного финансирования и снижение тем-

пов химизации ведет к падению почвенного плодородия и постепенной деградации почв. Увеличение площади пашни с низким содержанием фосфора в почве наблюдается практически по всем регионам России [2–4]. В Уральском федеральном округе 48,1 % пахотных земель с низким содержанием подвижного фосфора [5]. Но одновременно фиксируется очень высокое содержание почвенных фосфатов вследствие техногенной фосфатизации почв около промышленных и больших животноводческих предприятий, а также в некоторых регионах: Калининградской, Мурманской, Ленинградской областях, в республиках Карелия, Коми [6–8].

Избыток фосфора в почве нарушает ионный баланс, что негативно сказывается на питании растений, повышает экологическое неблагополучие, ведет к образованию нетипичных для естественных почв соединений, увеличивает эвтрофикацию водных источников, резко снижает рост биомассы растений, создает дисбаланс питательных элементов в почве.

Избыток фосфора в почве нарушает ионный баланс, что негативно сказывается на питании растений, повышает экологическое неблагополучие, ведет к образованию нетипичных для естественных почв соединений, увеличивает эвтрофикацию водных источников, резко снижает рост биомассы растений, создает дисбаланс питательных элементов в почве [9], [10].

В настоящее время много внимания уделяется изучению возможности и целесообразности внесения фосфора и калия в дозах, рассчитанных на ряд лет [11], [12].

При таком способе внесения в первые годы содержание фосфора в почве превышает очень высокую степень обеспеченности почвы этим элементом.

Пока не существует универсального метода определения доступных растению фосфатов, а стандартные методы не всегда объективно характеризуют фосфатный режим почв [13]. Поэтому многие исследователи считают, что наряду с определением подвижных форм фосфатов следует изучать их фракционный состав [14–17].

В Уральском федеральном округе публикаций о фракционном составе почвенных фосфатов практически нет. Исследователи в основном изучают содержание и динамику подвижного фосфора в почве [18–20]. Исключением является статья А. Н. Исупова [21], в которой приведены

данные по изменению фракционного состава фосфатов при мелиорации дерново-подзолистой почвы.

Целью исследования является изучение влияния высоких доз суперфосфата на урожайность кормовых бобов и на содержание валового, минерального и органического фосфора в темно-серой лесной почве и определение фракционного состава минеральной группы.

Методология и методы исследования (Methods)

Изучение влияния возрастающих доз суперфосфата на содержание фосфорных соединений в почве проводили микрополевым методом с темно-серой лесной среднесуглинистой почвой: реакция среды – близкая к нейтральной, насыщенность основаниями – высокая, степень обеспеченности азотом (щелочерастворимым) – низкая, подвижными формами фосфора и калия (по Кирсанову) – средняя. Почва по степени окультуренности относится к группе освоенных. Опытная культура – кормовые бобы. В качестве фосфорного удобрения использовали двойной суперфосфат (43 % P₂O₅). Азотно-калийные удобрения не вносили. Дозы суперфосфата рассчитаны с учетом увеличения содержания подвижного фосфора от среднего (51–100) до повышенного (101–150), высокого (151–250) и очень высокого (более 250 мг/кг почвы) [22]. Рассчитанные дозы фосфора приведены в таблице 1.

Таблица 1
Расчетные дозы фосфора

| Степень обеспеченности фосфором | Дозы фосфора, кг/га действующего вещества | Удобрения | |
|---------------------------------|---|-----------|------------------|
| | | ц/га | На 5 кг почвы, г |
| Средняя | 0 | 0 | 0 |
| Повышенная | 270 | 5,8 | 1,25 |
| Высокая | 720 | 15,6 | 2,34 |
| Очень высокая | 1170 | 25,4 | 5,44 |

Table 1
Estimated doses of phosphorus

| Degree of phosphorus availability | Doses of phosphorus, kg/ha of active substance | Fertilizers | |
|-----------------------------------|--|-------------|---------------------|
| | | c/ga | For 5 kg of soil, g |
| Average | 0 | 0 | 0 |
| Increased | 270 | 5.8 | 1.25 |
| High | 720 | 15.6 | 2.34 |
| Very high | 1170 | 25.4 | 5.44 |

Таблица 2
Биомасса кормовых бобов, г/с сухого вещества

| Степень обеспеченности фосфором | Зерно | Солома | Корни | Общая |
|---------------------------------|-------|--------|-------|-------|
| Средняя | 40,0 | 45,2 | 18,4 | 103,6 |
| Повышенная | 48,0 | 46,5 | 20,2 | 114,7 |
| Высокая | 43,0 | 45,6 | 21,0 | 109,6 |
| Очень высокая | 34,0 | 39,2 | 19,0 | 92,2 |

Table 2
Feed bean biomass, g/s of dry matter

| Degree of phosphorus availability | Grain | Straw | Roots | Common |
|-----------------------------------|-------|-------|-------|--------|
| Average | 40.0 | 45.2 | 18.4 | 103.6 |
| Increased | 48.0 | 46.5 | 20.2 | 114.7 |
| High | 43.0 | 45.6 | 21.0 | 109.6 |
| Very high | 34.0 | 39.2 | 19.0 | 92.2 |

Общее содержание фосфора определяли в почве после прокалывания, минеральные формы в естественной почве – путем экстрагирования 0,2н серной кислотой. Фракционный состав фосфатов определяли по методу С. Чанга и М. Джексона [23], [24].

В состав фракции рыхлосвязанных фосфатов входят фосфаты натрия, калия, аммония, двузамещенные фосфаты кальция и магния, а также свежесаженные трехзамещенные соли этих металлов. Во вторую фракцию входят фосфаты кальция разной степени замещения и небольшая часть свежесаженных фосфатов алюминия. Однозамещенные фосфаты алюминия и железа, а также часть фосфорных эфиров образуют третью фракцию. Фракция железосоединений в основном состоит из высокоосновных соединений этого катиона, поэтому в воде эти соединения нерастворимы и для питания растениям недоступны. Последняя фракция состоит из труднорастворимых, трудноизвлекаемых соединений типа апатита. Метод фракционирования не является строго селективным и характеризует не столько связи фосфатов, сколько их растворимость.

Наиболее динамичны фосфаты первых трех фракций, для них характерен переход из одной группы в другую, четвертая и пятая фракции изменяются незначительно.

Результаты (Results)

Результаты исследования показали, что дозы фосфора оказывали различное влияние на рост биологической массы растений бобов (таблица 2).

Под действием удобрений изменяются все элементы биомассы, но более значительные изменения претерпевает основная продукция – зерно. При достижении повышенной степени обеспеченности фосфором урожайность зерна увеличивается на 20 % по сравнению со средней, а при высокой обеспеченности – только на 7 %. Доза суперфосфата, внесенная для повышения содержания фосфора до очень высокой обеспеченности, снижает урожайность зерна бобов на 15 % по отношению к среднему уровню. Побочная продукция и пожнивно-корневые остатки от доз суперфосфата изменяются в меньшей степени.

Тем не менее при внесении агротука в дозе 25,4 ц/га масса соломы и корней уменьшается как по отношению к исходной почве, так и по сравнению с дозами суперфос-

фата 5,8 и 15,6 ц/га. Самая большая биомасса кормовых бобов получена при повышенной степени обеспеченности фосфором. В этом варианте доля зерна в общей биомассе составляет 41,8 %, при высокой – 39,2 %, при очень высокой – 36,8 %.

Анализ структуры урожая кормовых бобов (таблица 3) показывает, что одностороннее удобрение фосфором негативно сказывается на высоте растений, количестве бобов и числе зерен в них и как следствие на массе зерна с одного растения.

Лучшим вариантом оказывается внесение суперфосфата в дозе позволяющей переход из средней степени обеспеченности в группу повышенной.

Здесь наибольшее количество спелых бобов, зерен в бобе и масса зерна с одного растения. Худшие результаты по всем элементам структуры урожая получены при внесении самой высокой из изучаемых дозы суперфосфата.

Меньшее число бобов и более мелкие зерна приводят к уменьшению на 15 % массы зерна с одного растения по отношению к неудобренной почве и на 20 % по сравнению с другими дозами фосфора.

Внесение фосфорных удобрений оказывает влияние не только на продуктивность культуры, но и на содержание элементов питания в биомассе бобов.

Химический состав биомассы кормовых бобов представлен в таблице 4.

Анализ данных таблицы 4 показывает, что внесение суперфосфата изменяет содержание азота, фосфора и калия как в основной, так и в побочной продукции. Содержание азота в зерне при повышенной степени обеспеченности фосфором увеличивается на 4 %, фосфора и калия – на 17 и 9 % соответственно по сравнению с исходной почвой. Снижение содержания азота в зерне наблюдается при внесении возрастающих доз суперфосфата: при высоком уровне – на 6 %, при очень высоком – на 9 % по сравнению со средним уровнем. Количество фосфора в зерне бобов этих вариантов увеличивается на 9 %, калий остается на уровне средней обеспеченности. В соломе внесение суперфосфата повышает содержание азота и фосфора в удобренных вариантах по сравнению с неудобренным на 0,1–0,3 % в абсолютных цифрах.

Таблица 3
Некоторые элементы структуры урожая кормовых бобов

| Степень обеспеченности фосфором | Высота растений, см | Число бобов на 1 растении, шт. | Число зерен в бобе, шт. | Масса зерна с 1 растения, г |
|---------------------------------|---------------------|--------------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| Средняя | 77,0 | 4,75 | 2,1 | 10,0 |
| Повышенная | 70,0 | 5,10 | 2,4 | 12,0 |
| Высокая | 60,0 | 5,00 | 2,0 | 10,6 |
| Очень высокая | 59,0 | 4,50 | 2,1 | 8,5 |

Table 3
Some elements of the structure of the feed bean crop

| Degree of phosphorus availability | Plant height, cm | Number of beans per 1 plant, pcs. | Number of grains in a bean, pcs. | Grain weight per 1 plant, g |
|-----------------------------------|------------------|-----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|
| Average | 77.0 | 4.75 | 2.1 | 10.0 |
| Increased | 70.0 | 5.10 | 2.4 | 12.0 |
| High | 60.0 | 5.00 | 2.0 | 10.6 |
| Very high | 59.0 | 4.50 | 2.1 | 8.5 |

Таблица 4

Содержание элементов питания в биомассе бобов, % на сухое вещество

| Степень обеспеченности фосфором | Зерно | Солома | Корни |
|---------------------------------|------------------|-----------------|-------------------|
| Средняя | 4,6 – 1,2 – 1,1* | 0,5 – 0,3 – 1,3 | 1,40 – 0,50 – 1,0 |
| Повышенная | 4,8 – 1,4 – 1,2 | 0,8 – 0,4 – 1,5 | 1,45 – 0,52 – 1,1 |
| Высокая | 4,4 – 1,3 – 1,1 | 0,7 – 0,5 – 1,1 | 1,42 – 0,58 – 1,1 |
| Очень высокая | 4,2 – 1,3 – 1,1 | 0,6 – 0,5 – 1,4 | 1,30 – 0,60 – 1,0 |

* Здесь и далее: первая цифра – азот (N), вторая – фосфор (P₂O₃), третья – калий (K₂O).

Table 4

The content of nutrients in the biomass of beans, % on dry matter

| Degree of phosphorus availability | Grain | Straw | Roots |
|-----------------------------------|------------------|-----------------|-------------------|
| Average | 4.6 – 1.2 – 1.1* | 0.5 – 0.3 – 1.3 | 1.40 – 0.50 – 1.0 |
| Increased | 4.8 – 1.4 – 1.2 | 0.8 – 0.4 – 1.5 | 1.45 – 0.52 – 1.1 |
| High | 4.4 – 1.3 – 1.1 | 0.7 – 0.5 – 1.1 | 1.42 – 0.58 – 1.1 |
| Very high | 4.2 – 1.3 – 1.1 | 0.6 – 0.5 – 1.4 | 1.30 – 0.60 – 1.0 |

* Hereinafter: the first digit is nitrogen (N), the second is phosphorus (P₂O₃), and the third is potassium (K₂O).

Таблица 5

Биологический вынос элементов питания бобами, г/сосуд

| Степень обеспеченности фосфором | Зерно | Солома | Корни | Общий |
|---------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Средняя | 1,84 – 0,48 – 0,44 | 0,23 – 0,14 – 0,59 | 0,26 – 0,09 – 0,18 | 2,33 – 0,71 – 1,16 |
| Повышенная | 2,30 – 0,67 – 0,58 | 0,37 – 0,19 – 0,70 | 0,29 – 0,10 – 0,22 | 2,96 – 0,96 – 1,50 |
| Высокая | 1,89 – 0,56 – 0,47 | 0,32 – 0,23 – 0,64 | 0,30 – 0,12 – 0,23 | 2,51 – 0,91 – 1,34 |
| Очень высокая | 1,43 – 0,44 – 0,37 | 0,23 – 0,20 – 0,55 | 0,25 – 0,11 – 0,19 | 1,91 – 0,75 – 1,11 |

Table 5

Biological removal of food elements by beans, g/vessel

| Degree of phosphorus availability | Grain | Straw | Roots | Common |
|-----------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Average | 1.84 – 0.48 – 0.44 | 0.23 – 0.14 – 0.59 | 0.26 – 0.09 – 0.18 | 2.33 – 0.71 – 1.16 |
| Increased | 2.30 – 0.67 – 0.58 | 0.37 – 0.19 – 0.70 | 0.29 – 0.10 – 0.22 | 2.96 – 0.96 – 1.50 |
| High | 1.89 – 0.56 – 0.47 | 0.32 – 0.23 – 0.64 | 0.30 – 0.12 – 0.23 | 2.51 – 0.91 – 1.34 |
| Very high | 1.43 – 0.44 – 0.37 | 0.23 – 0.20 – 0.55 | 0.25 – 0.11 – 0.19 | 1.91 – 0.75 – 1.11 |

Под действием фосфорных удобрений в корнях количество азота возрастает только при повышенной обеспеченности и уменьшается при очень высокой, фосфор увеличивается от 4 до 20 % по сравнению со средней обеспеченностью.

Прирост биомассы и изменение ее химического состава при внесении суперфосфата влияют на биологический вынос элементов питания кормовыми бобами (таблица 5).

Данные таблицы 5 свидетельствуют о том, что увеличение доз фосфора сверх повышенной степени обеспеченности неблагоприятно сказывается на выносе элементов питания кормовыми бобами: снижается вынос азота, фосфора и калия, особенно при очень высокой степени обеспеченности.

Одной из составляющих мониторинга почвенного плодородия является изучение фосфатного режима почв, так как все процессы обмена веществ в растении связаны с образованием фосфорной кислоты. Оптимальный уровень фосфорного питания не только обеспечивает увеличение урожая, но и значительно влияет на его качество. Оптимальное содержание подвижного фосфора в зависимости от типа почв в условиях Свердловской области составляет 120–200 мг/кг почвы. Более полное представление о фосфорных соединениях в почве и их доступности для питания растений можно получить, если знать содержание не только подвижных, но и других форм фосфатов почвы.

Интенсивность накопления валового фосфора и других групп фосфатов почвы зависит от многих факторов, в том числе от доз и форм фосфорных удобрений и продолжительности их применения [25–27].

Групповой состав фосфорных соединений темно-серой лесной почвы представлен в таблице 6.

Внесение суперфосфата увеличивает содержание всех групп почвенных фосфатов. При достижении повышенной степени обеспеченности фосфором содержание его увеличивается на 67 %, а при высокой – на 94 % по отношению к средней степени обеспеченности. Наибольший прирост общего фосфора отмечен при достижении очень высокой степени обеспеченности. По сравнению с исходной почвой содержание общего фосфора возросло в два раза.

Группа минеральных фосфатов в зависимости от доз суперфосфата возрастает в абсолютных значениях на 400–675 мг/кг почвы и составляет 77 % от общего содержания.

Органические соединения фосфора в почве представлены продуктами биологического синтеза (неспецифичные органофосфаты) и продуктами гумусообразования. Это фосфогумусовые специфические вещества: фосфорные эфиры, относящиеся к соединениям нуклеиновых кислот, фосфолипидам и инозитфосфатам, сахарофосфаты, нуклеопротеиды, гумусовые вещества, нуклеиновые кислоты и т. д. [17].

Таблица 6

Групповой состав почвенных фосфатов в зависимости от доз суперфосфата, мг/кг почвы

| Степень обеспеченности фосфором | Общий (валовый) | Минеральный | Органический |
|---------------------------------|-----------------|-------------|--------------|
| Средняя | 900 | 750 | 150 |
| Повышенная | 1500 | 1150 | 350 |
| Высокая | 1750 | 1350 | 400 |
| Очень высокая | 1850 | 1425 | 425 |

Table 6

Group content of soil phosphates depending on doses of superphosphate, mg/kg of soil

| Degree of phosphorus availability | Gross | Mineral | Organic |
|-----------------------------------|-------|---------|---------|
| Average | 900 | 750 | 150 |
| Increased | 1500 | 1150 | 350 |
| High | 1750 | 1350 | 400 |
| Very high | 1850 | 1425 | 425 |

Таблица 7

Фракционный состав почвенных фосфатов в зависимости от доз суперфосфата, мг/кг почвы

| Степень обеспеченности фосфором | Рыхло-связанные | Фосфаты кальция | Алюмофосфаты | Феррофосфаты | Труднорастворимые |
|---------------------------------|-----------------|-----------------|--------------|--------------|-------------------|
| Средняя | 5,0 | 135,0 | 112,0 | 210,0 | 288,0 |
| Повышенная | 10,0 | 230,0 | 160,0 | 312,0 | 438,0 |
| Высокая | 12,0 | 297,0 | 170,0 | 347,0 | 524,0 |
| Очень высокая | 14,0 | 335,0 | 187,0 | 360,0 | 529,0 |

Table 7

Fractional content of soil phosphates depending on doses of superphosphate, mg/kg

| Degree of phosphorus availability | Friable phosphates | Calcium phosphates | Alumino-phosphates | Ferrophosphates | Sparingly soluble phosphates |
|-----------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-----------------|------------------------------|
| Average | 5.0 | 135.0 | 112.0 | 210.0 | 288.0 |
| Increased | 10.0 | 230.0 | 160.0 | 312.0 | 438.0 |
| High | 12.0 | 297.0 | 170.0 | 347.0 | 524.0 |
| Very high | 14.0 | 335.0 | 187.0 | 360.0 | 529.0 |

Количество фосфатов органической природы меньше минеральных: в исходной почве в пять раз, в вариантах с внесением суперфосфата – в 2,3–3,3 раза. Содержание органофосфатов практически не меняется от доз суперфосфата по отношению к валовому содержанию (22,8–23,3 %), но увеличивается по сравнению с исходной почвой в абсолютных цифрах на 6,1–6,6 %.

Наиболее полную характеристику фосфатного состояния почвы дает учет запасов подвижных форм фосфатов, их растворимость и фракционный состав минеральной группы. Внесение фосфорных удобрений увеличивает содержание фосфора во всех фракциях (таблица 7). Это отмечено во всех публикациях по изменению фракционного состава почвенных фосфатов при внесении фосфорных удобрений [7], [15], [17], [21].

Фракция рыхлосвязанных фосфатов составляет очень незначительную часть минеральных фосфатов и варьирует в пределах 0,6–1,0 %. Содержание фосфора в этой фракции подвержено резким колебаниям: максимальное количество его наблюдается в начале вегетации и уменьшается к концу вегетационного периода. Фракция рыхлосвязанных фосфатов является самой доступной для питания растений и значительно увеличивается от доз суперфосфата: при очень высокой степени обеспеченности содержание фосфора достигает 14,0 мг/кг почвы против 5,0 при средней степени обеспеченности, т. е. увеличивается в 2,8 раза.

Фосфаты кальция составляют 20–23 % от общего содержания минеральных соединений фосфора. По сравнению с исходной почвой количество их возрастает в зависимости от доз суперфосфата: при достижении повышенной степени обеспеченности на 95, высокой – на 162, очень высокой – на 200 мг/кг почвы. Для фракции фосфатов кальция характерна довольно длительная доступность для растений, снижение их содержания в начале вегетации, затем увеличение в конце вегетационного периода.

Доля фосфатов алюминия от общего количества минеральных фосфатов колеблется от 12,5 до 14,9 %. Возрастающие дозы суперфосфата оказывают на содержание фосфора этой фракции незначительное влияние. Фосфаты алюминия являются своеобразным резервом для пополнения в почве доступных для питания растений форм фосфорных соединений. Свежесаженные алюмофосфаты являются хорошо растворимыми и доступными растениям.

Необходимо знать содержание фосфора именно в этих трех фракциях, держать его на оптимальном уровне, не допуская критического падения. Оптимальный уровень легко растворимых фосфатов позволяет получать высокие и устойчивые урожаи полевых культур. Содержание фосфатов выше оптимального уровня делает нецелесообразным внесение фосфорных удобрений.

Больше половины (65,9–66,5 %) минеральных соединений фосфора занимают фосфаты железа и труднорастворимая (неизвлекаемая) форма фосфатов. Эти фракции недоступны для растений, фосфор может перейти в подвижные формы только после их трансформации в результате выветривания, микробиологической деятельности и т. д. Высокие дозы суперфосфата в процентном выражении несколько снижают долю феррофосфатов – 25,3–25,7 против 28,0 % в исходной почве. Труднорастворимая часть фосфатов практически не претерпевает изменений, оставаясь в пределах 37,1–38,8 %.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Таким образом, оптимальным содержанием фосфора в темно-серой лесной почве для кормовых бобов является повышенная степень обеспеченности почвы подвижным фосфором (101–150 мг/кг), при которой отмечается самая высокая урожайность зерна бобов с лучшими показателями качества. Дальнейшее увеличение содержания подвижного фосфора нерационально без дополнительного внесения азотно-калийных удобрений, так как приводит к падению урожайности до 15 % по сравнению со средним уровнем обеспеченности и снижению доли зерна в общей биомассе.

Внесение высоких доз суперфосфата увеличивает валовые и минеральные группы почвенных соединений почвы.

Содержание органофосфатов практически не меняется от доз суперфосфата по отношению к валовому содержанию (22,8–23,3 %), но увеличивается по сравнению с исходной почвой в абсолютных цифрах на 6,1–6,6 %.

Внесение фосфорных удобрений увеличивает содержание фосфора во всех фракциях почвенных фосфатов. Фракция рыхлосвязанных фосфатов составляет очень незначительную часть минеральных фосфатов (0,6–1,0 %) и увеличивается от доз суперфосфата: при очень высокой степени обеспеченности содержание фосфора достигает 14,0 мг/кг почвы против 5,0 мг/кг при средней степени обеспеченности, что составляет прирост в 2,8 раза.

Фосфаты кальция составляют 20–23 % от общего содержания минеральных соединений фосфора, доля фосфатов алюминия колеблется от 12,5 до 14,9 %. Возрастающие дозы суперфосфата оказывают на содержание фосфора этой фракции незначительное влияние.

Высокие дозы суперфосфата в процентном выражении несколько уменьшают долю феррофосфатов – 25,3–25,7 против 28,0 % в исходной почве.

Труднорастворимая часть фосфатов практически не претерпевает изменений и составляет 37,1–38,8 %.

Библиографический список

1. Чекмарев П., Лукин С. Динамика плодородия пахотных почв, использования удобрений и урожайности сельскохозяйственных культур в Центрально-Черноземных областях России // Международный сельскохозяйственный журнал. 2017. № 6. С. 11–18.
2. Шафран С. А. Динамика плодородия почв Нечерноземной зоны и ее резервы // Агрохимия. 2016. № 8. С. 3–9.
3. Авдюкова Т. В., Хруцкий С. А. Состояние плодородия почв пашни Восточной зоны Красноярского края // Земледелие. 2017. № 1. С. 25–29.
4. Klij F. Environmental susceptibility to chemicals from processes to patterns, with special reference to main characteristics and special scales // Mapping of Soil and Terrain Vulnerability to Specified Chemical Compounds in Europe, International Soil Reference and Information Centre, Wageningen. Pp. 9–22.
5. Миненко А. К., Безуглов В. Г. Обеспеченность почв России основными элементами плодородия // АгроЭкоИнфо. 2007. № 1 (1). С. 3.
6. Титова В. И. К вопросу о рациональном использовании почв с очень высоким содержанием фосфора в интенсивном земледелии // Агрохимический вестник. 2017. № 1. С. 1–6.
7. Михайлюк Е. А. Проблемы антропогенного зафосфачивания почвы и возможность их микробиологической ремедиации: магистерская диссертация. Тольяттинский гос. ун-т. Институт химии и инженерной экологии. Тольятти, 2017. 92 с.
8. Нестеркин М. Г., Хлуднева Н. Н. Состояние почв Мурманской области // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 6. С. 10–14.
9. Gourley C. J. P., Aarons S. R., Hannah M. C., Awty I. M., Dougherty W. J., Burkitt L. L. Soil phosphorus, potassium and sulphur excesses, regularities and heterogeneity in grazing-based dairy farms // Agricultural ecosystems environment. 2015. No. 201. Pp. 70–82. DOI: 10.1016/j.agee.2014.12.010.
10. Soltangheisi A., Teles A. P. B., Sartor L. R., Pavinato P. S. Cover Cropping May Alter Legacy Phosphorus Dynamics Under Long-Term Fertilizer Addition // Frontiers in environmental science. 2020. No. 8. P. 13. DOI: 10.3389/fenvs.2020.00013.
11. Nunes R. S., de Sousa D. M. G., Goedert W. J., de Oliveira L. E. Z., Pavinato P. S., Pinheiro T. D. Distribution of Soil Phosphorus Fractions as a Function of Long-Term Soil Tillage and Phosphate Fertilization Management // Frontier Earth Science. 2020. No. 8. P. 350. DOI: 10.3389/feart.2020.00350.
12. Sheil T., Wall D., Culleton N., Murphy J., Grant J., Lalor S. Long-term effects of phosphorus fertilizer on soil test phosphorus, phosphorus uptake and yield of perennial ryegrass // The Journal of Agricultural Science. 2016. Vol. 154. No. 6. Pp. 1068–1081. DOI: 10.1017/S0021859615001100.
13. Аверкиева С. С., Науменко И. В. Изучение агрохимии фосфора на почвах Западной Сибири // Инновации и продовольственная безопасность. 2017. №2 (16). С. 49–70.
14. Онищенко Л. М. Агрохимические основы воспроизводства плодородия чернозема выщелоченного Западного Предкавказья и повышение продуктивности сельскохозяйственных культур: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. Краснодар, 2016. 48 с.

15. Серкова В. В. Влияние длительного применения удобрений на фосфатное состояние светло-серых почв и продуктивность зерновых культур: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Саранск, 2015. 19 с.
16. Варламова Л. Д., Серкова В. В., Горячкина К. А. Влияние разных форм и доз фосфорсодержащих удобрений на урожайность кукурузы и фракционный состав фосфатов почвы // Вестник Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии. 2015. № 2 (6). С. 4–9.
17. Tiecher T., Gomes M. V., Ambrosini V. G., Amorim M. B., Bayer C. Assessing linkage between soil phosphorus forms in contrasting tillage systems by path analysis // Soil and Tillage Research. 2018. No. 175. Pp. 276–228.
18. Захарова И. А. Изменение плодородия черноземных почв лесостепной и степной зоны Челябинской области: дис. ... канд. биол. наук. Челябинск, 2016. 192 с.
19. Волынкина О. В. [и др.] Системы удобрения в агротехнологиях Зауралья: монография. Куртамыш, 2017. 284 с.
20. Чикищев Д. В. Динамика содержания подвижного фосфора в серых лесных почвах Тюменской области // Молодой ученый. 2015. № 5-6 (86). С. 62–65.
21. Исупов А. Н. Влияние известковых мелиорантов на фракционный состав минеральных фосфатов в дерново-подзолистой почве // Научное и кадровое обеспечение АПК для продовольственного импортозамещения: материалы Всероссийской научно-практической конференции. Ижевск, 2016. Т. 1. С. 19–22.
22. Каренгина Л. Б., Байкенова Ю. Г. К методике расчета комплексного агрохимического окультуривания полей // Аграрный вестник Урала. 2016. № 08 (15). С. 31–37.
23. Минеев В. Г. [и др.] Практикум по агрохимии: учебное пособие. 2-е изд. Москва: Изд-во МГУ, 2001. 689 с.
24. Воробьева Л. А. Теория и практика химического анализа почв. Москва: ГЕОС, 2006. 400 с.
25. Трофимов С. Н., Коваленко А. А. Фосфатное состояние и изменение плодородия дерново-подзолистой почвы в длительных опытах // Агрохимия. 2017. № 8. С. 3–16.
26. Никитин С. Н., Завалин А. А. Влияние удобрений и биопрепаратов на продуктивность зернопарового севооборота, потоки элементов питания и свойства чернозема выщелоченного в лесостепи Среднего Поволжья // Агрохимия. 2017. № 6. С. 12–30.
27. Кирпичников Н. А. Технологические приемы повышения эффективности фосфорных удобрений на дерново-подзолистых почвах Центрального Нечерноземья (данные длительных опытов) // Агрохимия. 2018. № 1. С. 61–72.

Об авторах:

Людмила Борисовна Каренгина¹, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры химии, почвоведения и агроэкологии, ORCID 0000-0001-9399-9666, AuthorID 668459; +7 961 778-90-86, karengina.mila@yandex.ru

Юрий Леонидович Байкин¹, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры химии, почвоведения и агроэкологии, ORCID 0000-0001-7044-5863, AuthorID 609727; +7 922 142-92-78, ubaikin@rambler.ru

Юлия Геннадьевна Байкенова¹, старший преподаватель кафедры химии, почвоведения и агроэкологии, ORCID 0000-0003-0740-1651, AuthorID 658235; baykenova.yuliya@yandex.ru

¹ Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

Effect of high doses of superphosphate on the group and fractional composition of phosphates containing in dark gray forest soil

L. B. Karengina¹✉, Yu. L. Baykin¹, Yu. G. Baykenova¹

¹ Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

✉ E-mail: karengina.mila@yandex.ru

Abstract. The purpose of the work was to study the effect of high doses of superphosphate on the yield of forage beans and the composition of phosphates in dark gray forest soil. **Research methods.** The studies were carried out in a microfield experiment. Doses of superphosphate are calculated taking into account the increase in the phosphorus content from medium to very high. The total phosphorus content was determined after calcining the soil, and the mineral group was determined in the natural state of the soil in an extract of 0.2n sulfuric acid, the fractional composition was determined by the method of S. Chang and M. Jackson. **Results.** High doses of superphosphate (the degree of phosphorus supply is high and very high) without the introduction of nitrogen and potassium fertilizers significantly reduce the productivity of beans. The optimal content of mobile phosphorus is an increased degree of supply (101–150 mg/kg according to Kirsanov). High doses of superphosphate double the total phosphate content in relation to the original soil, mineral phosphates make up 77 %, organophosphates – 22.8–23.3 %. Analysis of the fractional composition of mineral phosphates showed that the use of water-soluble phosphorus fertilizers increases the amount of phosphates of all fractions. The fraction of loosely bound phosphates increases from 5 mg/kg of soil (medium supply) to 14 mg/kg at a very high level. From the total amount of mineral phosphates, calcium phosphates occupy

20–23 %, aluminum phosphates – 12.5–14.9 %. The share of ferrophosphates practically does not change with the dose of superphosphate and is 25.3–25.7 %. The fraction of poorly soluble phosphates is the most significant: with an increased degree of supply, the content of phosphates is equal to 438 mg / kg and increases with a very high degree of supply up to 529 mg/kg of soil, this is 37.1–38.8 % of the total amount of the mineral group of phosphates. **The scientific novelty** lies in the calculation of the dose of phosphorus fertilizer, taking into account the stepwise transition from one degree of provision to another, from medium to high, high and very high. This approach to calculating the doses of fertilizers makes it possible to differentiate the doses of nitrogen-potassium fertilizers.

Keywords: dark-gray forest, doses of superphosphate, availability index, forage beans, group content, fractional content.

For citation: Karengina L. B., Baykin Yu. L., Baykenova Yu. G. Vliyanie vysokikh doz superfosfata na gruppovoy i fraktsionnyy sostav fosfatov temno-seroy lesnoy pochvy [Effect of high doses of superphosphate on the group and fractional composition of phosphates containing in dark gray forest soil] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. Special issue “Biology and biotechnologies”. Pp. 19–27. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-14-19-27. (In Russian.)

Paper submitted: 30.10.2020.

References

1. Chekmarev P., Lukin S. Dinamika plodorodiya pakhotnykh pochv, ispol'zovaniya udobreniy i urozhaynosti sel'skokhozyaystvennykh kul'tur v Tsentral'no-Chernozemnykh oblastiakh Rossii [Dynamics of fertility of arable soils, use of fertilizers and crop yields in the Central Black Earth regions of Russia] // International Agricultural Journal. 2017. No. 6. Pp. 11–18. (In Russian.)
2. Shafran S. A. Dinamika plodorodiya pochv Nechernozemnoy zony i ee rezervy [Dynamics of soil fertility in the Non-Chernozem zone and its reserves] // Agrokhimiya. 2016. No. 8. Pp. 3–9. (In Russian.)
3. Avdyukova T. V., Khrutskiy S. A. Sostoyanie plodorodiya pochv pashni Vostochnoy zony Krasnoyarskogo kraya [The state of soil fertility of arable land in the Eastern zone of the Krasnoyarsk Territory] // Zemledelie. 2017. No 1. Pp. 25–29. (In Russian.)
4. Klij F. Environmental susceptibility to chemicals from processes to patterns, with special reference to main characteristics and special scales // Mapping of Soil and Terrain Vulnerability to Specified Chemical Compounds in Europe, International Soil Reference and Information Centre, Wageningen. Pp. 9–22
5. Minenko A. K., Bezuglov V. G., Gogmachadze G. D. Obespechennost' pochv Rossii osnovnymi elementami plodorodiya [The provision of Russian soils with the main elements of fertility] // AgroEcoInfo. 2007. No. 1 (1). P. 3. (In Russian.)
6. Titova V. I. K voprosu o ratsional'nom ispol'zovanii pochv s ochen' vysokim soderzhaniem fosfora v intensivnom zemledelii [To the question of the rational use of soils with a very high phosphorus content in intensive agriculture] // Agrochemical Herald. 2017. No. 1. Pp. 1–6. (In Russian.)
7. Mikhaylyuk E. A. Problemy antropogennogo zafosfachivaniya pochvy i vozmozhnost' ikh mikrobiologicheskoy remediatsii: masterskaya dissertatsiya [Problems of anthropogenic soil phosphating and the possibility of their microbiological remediation: master dissertation] // Tol'yatty State university. Institute of Chemistry and Environmental Engineering. Tol'yatti, 2017. 92 p. (In Russian.)
8. Nesterkin M. G., Khludneva N. N. Sostoyanie pochv Murmanskoy oblasti [Soil condition of the Murmansk region] // Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. 2018. T. 32. No. 6. Pp. 10–14. (In Russian.)
9. Gourley C. J. P., Aarons S. R., Hannah M. C., Awty I. M., Dougherty W. J., Burkitt L. L. Soil phosphorus, potassium and sulphur excesses, regularities and heterogeneity in grazing-based dairy farms // Agricultural ecosystems environment. 2015. No. 201. Pp. 70–82. DOI: 10.1016/j.agee.2014.12.010.
10. Soltangheisi A., Teles A. P. B., Sartor L. R., Pavinato P. S. Cover Cropping May Alter Legacy Phosphorus Dynamics Under Long-Term Fertilizer Addition // Frontiers in environmental science. 2020. No. 8. P. 13. DOI: 10.3389/fenvs.2020.00013.
11. Nunes R. S., de Sousa D. M. G., Goedert W. J., de Oliveira L. E. Z., Pavinato P. S., Pinheiro T. D. Distribution of Soil Phosphorus Fractions as a Function of Long-Term Soil Tillage and Phosphate Fertilization Management // Frontier Earth Science. 2020. No. 8. P. 350. DOI: 10.3389/feart.2020.00350.
12. Sheil T., Wall D., Culleton N., Murphy J., Grant J., Lalor S. Long-term effects of phosphorus fertilizer on soil test phosphorus, phosphorus uptake and yield of perennial ryegrass // The Journal of Agricultural Science. 2016. Vol. 154. No. 6. Pp. 1068–1081. DOI: 10.1017/S0021859615001100.
13. Averkieva S. S., Naumenko I. V. Izuchenie agrokhimii fosfora na pochvakh Zapadnoy Sibiri [Studying the agrochemistry of phosphorus on the soils of Western Siberia] // Innovations and Food Safety. 2017. No. 2 (16). Pp. 49–70. (In Russian.)
14. Onishchenko L. M. Agrokhimicheskie osnovy vosproizvodstva plodorodiya chernozema vyshchelochennogo Zapadnogo Predkavkaz'ya i povyshenie produktivnosti sel'skokhozyaystvennykh kul'tur: avtoref. dis. ... d-ra s.-kh. nauk [Agrochemical foundations of fertility reproduction of leached chernozem in Western Ciscaucasia and increasing the productivity of agricultural crops: abstract of dissertation ... doctor of agricultural sciences] // Krasnodar, 2016. 48 p. (In Russian.)

15. Serkova V. V. Vliyanie dlitel'nogo primeneniya udobreniy na fosfatnoe sostoyanie svetlo-serykh pochv i produktivnost' zernovykh kul'tur: avtoref. dis. ... kand. s.-kh. nauk [The influence of long-term use of fertilizers on the phosphate state of light gray soils and the productivity of grain crops: abstract of dissertation ... candidate of agricultural sciences]. Saransk, 2015. 19 p. (In Russian.)
16. Varlamova L. D., Serkova V. V., Goryachkina K. A. Vliyanie raznykh form i doz fosforsoderzhashchikh udobreniy na urozhaynost' kukuruzy i fraktsionnyy sostav fosfatov pochvy [Influence of different forms and doses of phosphorus-containing fertilizers on corn productivity and fractional composition of soil phosphates] // Vestnik Nizhegorodskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii. 2015. No. 2 (6). Pp. 4–9. (In Russian.)
17. Tiecher T., Gomes M. V., Ambrosini V. G., Amorim M. B., Bayer C. Assessing linkage between soil phosphorus forms in contrasting tillage systems by path analysis // Soil and Tillage Research. 2018. No. 175. Pp. 276–228.
18. Zakharova I. A. Izmenenie plodorodiya chernozemnykh pochv lesostepnoy i stepnoy zony Chelyabinskoy oblasti: dis. ... kand. biol. nauk [Changes in the fertility of chernozem soils in the forest-steppe and steppe zones of the Chelyabinsk region: dissertation ... candidate of agricultural sciences] // Chelyabinsk, 2016. 192 p. (In Russian.)
19. Volynkina O. V., et al. Sistemy udobreniya v agrotekhnologiyakh Zaural'ya: monografiya [Fertilization systems in agricultural technologies of the Trans-Urals: monograph]. Kurtamysh, 2017. 284 p. (In Russian.)
20. Chikishchev D. V. Dinamika sodержaniya podvizhnogo fosfora v serykh lesnykh pochvakh Tyumenskoy oblasti [Dynamics of the content of mobile phosphorus in gray forest soils of the Tyumen region] // Molodoy uchenyy. 2015. No. 5-6. (86). Pp. 62–65. (In Russian.)
21. Isupov A. N. Vliyanie izvestkovykh meliorantov na fraktsionnyy sostav mineral'nykh fosfatov v derno-podzolistoy pochve [Influence of lime ameliorants on the fractional composition of mineral phosphates in sod-podzolic soil] // Nauchnoe i kadrovoe obespechenie APK dlya prodovol'stvennogo importozameshcheniya: materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Izhevsk, 2016. T. 1. Pp. 19–22. (In Russian.)
22. Karengina L. B., Baykenova Yu. G. K metodike rascheta kompleksnogo agrokhimicheskogo okul'turivaniya poley [To the methodology for calculating the complex agrochemical cultivation of fields] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2016. No. 08 (15). Pp. 31–37. (In Russian.)
23. Mineev V. G., et al. Praktikum po agrokhimii: uchebnoe posobie [Workshop on agrochemistry: a tutorial]. 2nd edition. Moscow: Izd-vo MGU, 2001. 689 p. (In Russian.)
24. Vorob'eva L. A. Teoriya i praktika khimicheskogo analiza pochv [Theory and practice of chemical analysis of soils]. Moscow: GEOS, 2006. 400 p. (In Russian.)
25. Trofimov S. N., Kovalenko A. A. Fosfatnoe sostoyanie i izmenenie plodorodiya derno-podzolistoy pochvy v dlitel'nykh opytakh [Phosphate state and change in fertility of sod-podzolic soil in long-term experiments] // Agrokhiimiya. 2017. No. 8. Pp. 3–16. (In Russian.)
26. Nikitin S. N., Zavalin A. A. Vliyanie udobreniy i biopreparatov na produktivnost' zernoparovogo sevooborota, potoki elementov pitaniya i svoystva chernozema vyshchelochennogo v lesostepi Srednego Povolzh'ya [Influence of fertilizers and biological products on the productivity of grain-fallow crop rotation, flows of nutrients and properties of leached chernozem in the forest-steppe of the Middle Volga region] // Agrokhiimiya. 2017. No. 6. Pp. 12–30. (In Russian.)
27. Kirpichnikov N. A. Tekhnologicheskie priemy povysheniya effektivnosti fosfornykh udobreniy na derno-podzolistykh pochvakh Tsentral'nogo Nechernozem'ya (dannye dlitel'nykh opytov) [Technological methods for increasing the efficiency of phosphorus fertilizers on sod-podzolic soils of the Central Non-Black Earth Region (data of long-term experiments)] // Agrokhiimiya. 2018. No. 1. Pp. 61–72. (In Russian.)

Authors' information:

Lyudmila B. Karengina¹, candidate of agricultural sciences, associate professor of the department of chemistry, soil science and agroecology, ORCID 0000-0001-9399-9666, AuthorID 668459; +7 961 778-90-86, karengina.mila@yandex.ru

Yuriy L. Baykin¹, candidate of agricultural sciences, associate professor of the department of chemistry, soil science and agroecology, ORCID 0000-0001-7044-5863, AuthorID 609727; +7 922 142-92-78, ubaikin@rambler.ru

Yuliya G. Baykenova¹, senior lecturer of the department of chemistry, soil science and agroecology, ORCID 0000-0003-0740-1651, AuthorID 658235; baykenova.yuliya@yandex.ru

¹ Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

Влияние пробиотического штамма *Bifidobacterium longum* на содержание химических элементов в биологических тканях цыплят-бройлеров при минералдефицитной диете

О. В. Кван¹✉, Е. В. Шейда¹, Г. К. Дускаев¹, Ш. Г. Рахматуллин¹

¹ Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, Оренбург, Россия

✉ E-mail: kwan111@yandex.ru

Аннотация. Исследование направлено на изучение влияния пробиотического штамма *Bifidobacterium longum* на содержание химических элементов в биологических тканях цыплят-бройлеров на фоне минералдефицитной диеты. **Методология и методы.** Исследования были проведены на цыплятах-бройлерах кросса Арбор-Айкрес в возрасте от 7- до 42-дневного возраста. С 21-суточного возраста цыплят методом аналогов были сформированы две группы по 15 голов в каждой, исследуемая птица содержалась на дефицитной по минералам диете. Птица опытной группы получала жидкий пробиотический препарат «Соя-бифидум» в дозировке 0,7 мл/кг корма. Особенности обмена химических элементов определяли путем исследования содержания элементного состава печени, грудных и бедренных мышц по 25 показателям. **Результаты и практическая значимость.** Дополнительное включение пробиотического штамма в рацион способствует максимальному выведению токсичных элементов, тем самым снижает интоксикацию всего организма. Так, установлено, что пробиотический штамм *Bifidobacterium longum* способствовал достоверному снижению в печени алюминия на 34 % ($p = 0,048$), свинца – на 50 % ($p = 0,008$), олова – на 67 % ($p = 0,0064$), в грудных мышцах – алюминия на 54,6 % ($p = 0,005$), кадмия – на 55,6 % ($p = 0,005$), в бедренных мышцах – кадмия на 50 % ($p = 0,006$), свинца – на 75 % ($p = 0,001$), стронция – на 50 % ($p = 0,013$) относительно данных показателей в контрольной группе. **Научная новизна.** Впервые описаны особенности элементного обмена по 25 показателям цыплят-бройлеров при введении пробиотических препаратов на фоне минералдефицитной диеты.

Ключевые слова: пробиотик, цыплята-бройлеры, токсичные элементы, дефицитная диета.

Для цитирования: Кван О. В., Шейда Е. В., Дускаев Г. К., Рахматуллин Ш. Г. Влияние пробиотического штамма *Bifidobacterium longum* на содержание химических элементов в биологических тканях цыплят-бройлеров при минералдефицитной диете // Аграрный вестник Урала. 2020. Специальный выпуск «Биология и биотехнологии». С. 28–34. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-14-28-34.

Дата поступления статьи: 23.10.2020.

Постановка проблемы (Introduction)

Птицеводство является важной и динамично развивающейся отраслью экономики во многих странах. В структуре российского производства птичьего мяса на долю цыплят-бройлеров приходится 97 %, индейка занимает 2 %, а продукция альтернативного птицеводства (утки, гуси, перепела) составляет лишь 1% от общего объема. Задача повышения конкурентоспособности птицеводческой отрасли страны направлена на необходимость получения качественной продукции, особенно с точки зрения ее экологической безопасности.

В кормлении сельскохозяйственной птицы рационы балансируются не только по химическому, но и по минеральному составу. В организме птицы не все элементы усваиваются. Одна часть, например, усваивается в тонком отделе кишечника и участвует в обменных процессах, что оказывает влияние на продуктивность, другая – в слепом отделе кишечника и т. д. [1, р. 362].

Усвояемость отдельных химических элементов зависит от компонентного состава комбикорма, а также наличия антипитательных факторов. На фоне положительного дей-

ствия на обмен веществ и продуктивные качества микро-элементы оказывают отрицательное влияние на бактерии [2, р. 2816] и микрофлору кишечника [3], что исключается путем дополнительного включения в рацион пробиотических препаратов [4, р. 250].

При определенных условиях микроорганизмы могут иммобилизовать токсичное действие тяжелых металлов. Так, исследования показывают, что бифидобактерии взаимодействуют с рядом токсичных металлов, включая кадмий и свинец [5], [6, р. 306]. Эту способность можно объяснить различиями между зарядом поверхности бактерий и металлов. После связывания с клеточной стенкой металлов большая часть катионов металлов связывается и осажается на клеточной стенке микроорганизмов [7, р. 553].

Полагают, что наличие у микроорганизмов связывающих белков, таких как металлотионеины и фитохелатины, может способствовать поглощению металлов. Кроме того, существует несколько микроорганизмов, которые выполняют детоксикацию металлов с помощью генов плазмид [8, р. 42].

Добавление штаммов микроорганизмов в рацион, вероятно, обеспечит преимущества с точки зрения эффективности корма и выхода эндогенных микроэлементов из депо, в т. ч. потери тяжелых металлов, что будет играть огромную роль в животноводстве и птицеводстве [9, p. 73].

Цель исследования – оценить влияние пробиотического штамма *Bifidobacterium longum* на содержание химических элементов в биологических тканях цыплят-бройлеров при минералдефицитной диете.

Методология и методы исследования (Methods)

Объектами исследования являются цыплята-бройлеры кросса Арбор-Айкрес в возрасте от 7- до 42-дневного возраста. С 7-суточного до 21-суточного возраста исследуемая птица находилась на основном рационе. Кормление подопытной птицы осуществлялось комбикормами, выработанными по рекомендациям Всероссийского научно-исследовательского и технологического института птицеводства (ВНИТИП, 2004).

В ходе основного учетного периода с 21-суточного возраста методом аналогов были сформированы две группы по 15 голов в каждой. Исследуемая птица содержалась на дефицитной по минералам диете, что достигалось через поение дистиллированной водой и скармливание приготовленного особым способом риса (варка полированного риса в течение 15 минут с последующим удалением отвара и промывкой дистиллированной водой). С целью профилактики авитаминозных состояний в данный рацион вводили поливитаминный комплекс, содержащий витамины А, D, С, К, Е, В₁, В₂, В₃, В₄, В₅, В₆, В_с, В₁₂, в дозировках, рекомендованных Л. Ф. Порядковым [10]. Кроме того, птица опытной группы, получала жидкий пробиотический препарат «Соя-бифидум» в дозировке 0,7 мл/кг корма.

Обслуживание животных и экспериментальные исследования выполнены в соответствии с инструкциями Russian Regulations [11] и The Guide for Care and Use of Laboratory Animals [12]. При выполнении исследований были приняты усилия, чтобы свести к минимуму страдания животных и уменьшить количество используемых образцов.

Анализ биологических образцов

Элементный состав грудных и бедренных мышц, а также печени исследовали по 25 показателям (Al, As, B, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, I, K, Li, Mg, Mn, Na, Ni, P, Pb, Se, Si, Sn, Sr, V, Zn) методами масс-спектрометрии (МС-ИСП) и атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (АЭС-ИСП) с использованием Optima 2000 DV и Nexion 300 D (Perkin Elmer, США). Все аналитические процедуры были выполнены в лаборатории Центра биотической медицины (Москва, Россия).

Статистический анализ

Достоверность различий проверяли при помощи U-критерия Манна – Уитни. Уровень значимости (P) принимался меньшим или равным 0,05. Для обработки данных использовали пакет прикладных программ Statistica 10.0 (StatSoft, Inc., США). В качестве описательной статистики использовались медиана (Me) и соответствующие границы 25 и 75 перцентилей (Q₁–Q₃).

Результаты (Results)

Как показали результаты исследования, дополнительное введение в рацион исследуемой птице пробиотического штамма *Bifidobacterium longum* способствовало увеличению живой массы цыплят-бройлеров (с учетом того, что последние находились на минералдефицитной диете) на 4,8 % (рис. 1).

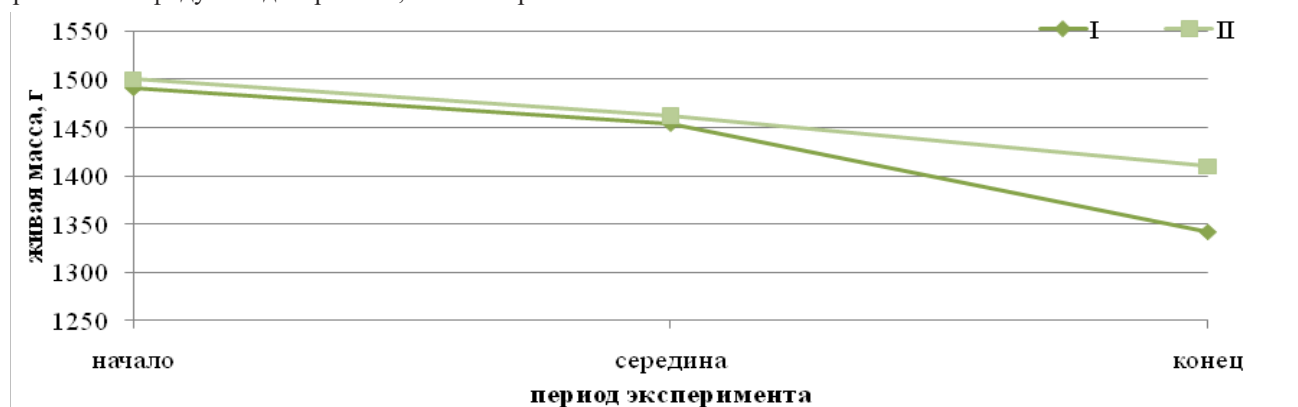


Рис. 1. Динамика живой массы цыплят-бройлеров на минералдефицитной диете, г

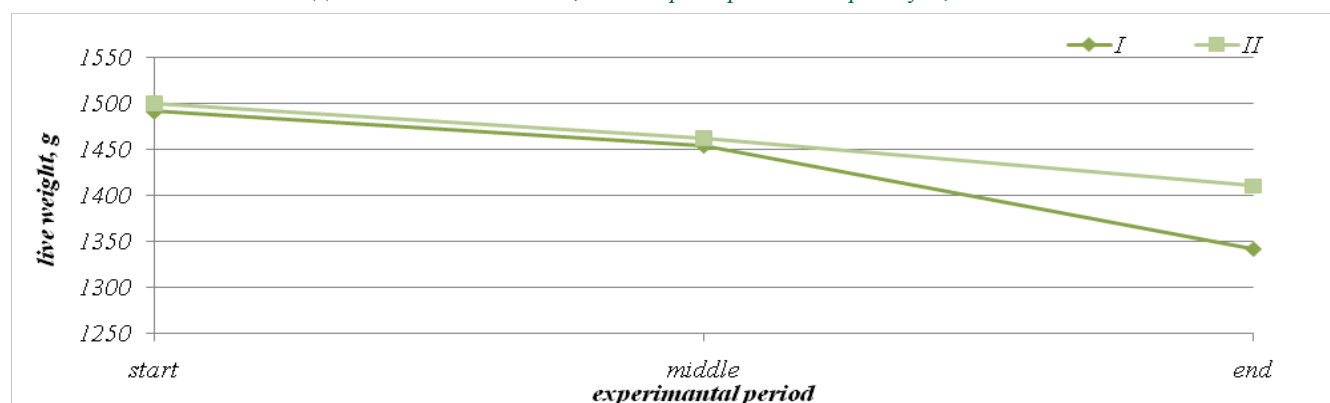


Fig. 1. Dynamics of live weight of broiler-chickens on a mineral-deficient diet, g

Изменение состава рациона при выращивании цыплят-бройлеров путем введения дополнительных компонентов или, напротив, лишения необходимых составляющих, влечет за собой изменение метаболических процессов в организме, в частности, элементного обмена. При этом чаще всего происходят накопление тяжелых металлов в органах и тканях организма и, напротив, выведение условно-эссенциальных и макроэлементов, что оказывает негативный эффект как на здоровье птицы, так и на качество готовой продукции.

Являясь одним из основных компонентов нормального кишечного микробиоценоза, *Bifidobacterium longum* при введении в рацион птицы способен свести к минимуму эндогенные потери минеральных веществ из организма.

При введении пробиотического штамма на фоне минералдефицитной диеты отмечены изменения в содержании макроэлементов в печени цыплят-бройлеров. Так, во II опытной группе выявлено достоверное увеличение Са в 2 раза ($p < 0,05$) относительно I группы и увеличение концентрации фосфора на 10,0 %, однако изменения были недостоверными. Уровень таких макроэлементов, как калий и магний, в I группе был выше на 6,1 % и 2,7 % соответственно относительно II группы, однако данные носили недостоверный характер (рис. 2).

При исследовании грудных мышц на содержание макроэлементов отмечено достоверное увеличение Са на 43,0 % ($p < 0,05$), К на 41,6 % ($p < 0,05$), Mg на 31,0 % ($p < 0,05$) и Na на 39,5 % ($p < 0,05$) относительно I группы, уровень фосфора повышался в 1,4 раза, но без достоверных изменений (рис. 3).

Была отмечена аналогичная тенденция к повышению уровня макроэлементов в бедренных мышцах во второй группе относительно группы, находящейся на дефицитной диете. Достоверно увеличивалось содержание калия на 31,5 % и натрия на 31,8 % ($p < 0,05$), показатели уровня Са и P в обеих группах были одинаковыми (рис. 4).

Анализируя данные таблицы 1, необходимо отметить позитивное влияние пробиотического штамма на обмен токсичных элементов в печени. Так, пробиотический штамм *Bifidobacterium longum* способствовал достоверному снижению алюминия на 34 % ($p = 0,048$), свинца – на 50 % ($p = 0,008$), олова – на 67 % ($p = 0,0064$) относительно данных показателей в I группе (таблица 1).

В грудных мышцах следует отметить достоверное снижение концентрации алюминия на 54,6 % ($p = 0,005$) и кадмия на 55,6 % ($p = 0,005$) во второй группе по отношению к первой. Концентрация свинца, олова и стронция в обеих группах была одинаковой (таблица 2).

Такая же тенденция была отмечена и при изучении обмена токсичных элементов в бедренных мышцах. Введение в рацион пробиотического штамма *Bifidobacterium longum* способствует снижению токсичных элементов в бедренных мышцах цыплят II группы относительно I:

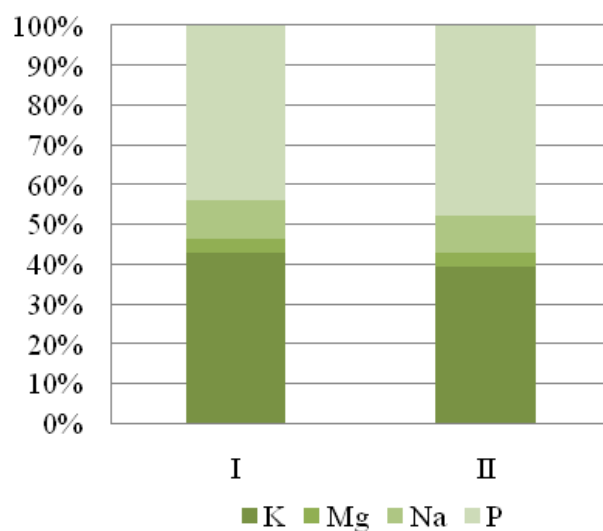


Рис. 2. Уровень содержания макроэлементов в печени цыплят-бройлеров, %

Fig. 2. The level of macronutrients in the liver of broiler-chickens, %

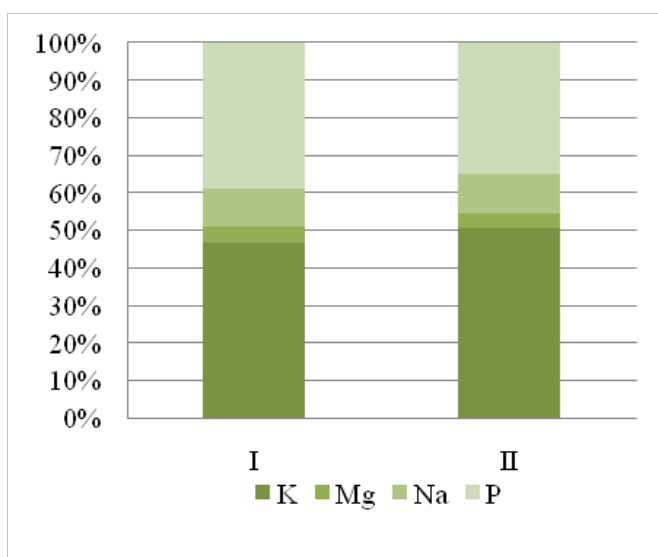


Рис. 3. Уровень содержания макроэлементов в грудных мышцах цыплят-бройлеров, %
Fig. 3. The level of macronutrients in breast muscles of broiler-chickens, %

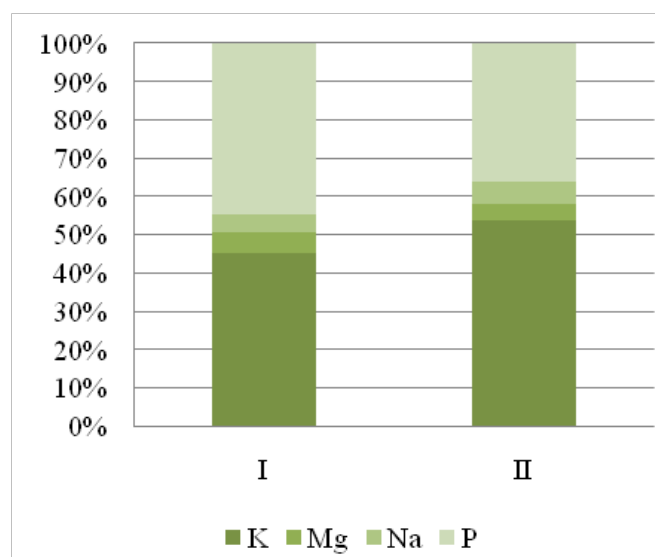


Рис. 4. Уровень содержания макроэлементов в бедренных мышцах цыплят-бройлеров, %
Fig. 4. The level of macronutrients in femoral muscles of broiler-chickens, %

Таблица 1
Содержание токсичных элементов в печени цыплят-бройлеров, мг/кг

| Показатель | I | | II | | P |
|------------|------|--------------------------------|------|--------------------------------|--------|
| | Me | Q ₁ -Q ₃ | Me | Q ₁ -Q ₃ | |
| Al | 1,1 | 0,75-1,3 | 0,73 | 0,62-0,85 | 0,048 |
| Cd | 0,04 | 0,03-0,051 | 0,04 | 0,02-0,055 | 0,121 |
| Pb | 0,02 | 0,01-0,031 | 0,01 | 0,08-0,018 | 0,008 |
| Sn | 0,03 | 0,02-0,038 | 0,01 | 0,08-0,015 | 0,0064 |
| Sr | 0,08 | 0,06-0,093 | 0,06 | 0,052-0,068 | 0,212 |

Table 1
Content of toxic elements in the liver of broiler-chickens, mg/kg

| Indicator | I | | II | | P |
|-----------|------|--------------------------------|------|--------------------------------|--------|
| | Me | Q ₁ -Q ₃ | Me | Q ₁ -Q ₃ | |
| Al | 1.1 | 0.75-1.3 | 0.73 | 0.62-0.85 | 0.048 |
| Cd | 0.04 | 0.03-0.051 | 0.04 | 0.02-0.055 | 0.121 |
| Pb | 0.02 | 0.01-0.031 | 0.01 | 0.08-0.018 | 0.008 |
| Sn | 0.03 | 0.02-0.038 | 0.01 | 0.08-0.015 | 0.0064 |
| Sr | 0.08 | 0.06-0.093 | 0.06 | 0.052-0.068 | 0.212 |

Таблица 2
Содержание токсичных элементов в грудных мышцах цыплят-бройлеров, мг/кг

| Показатель | I | | II | | P |
|------------|--------|--------------------------------|--------|--------------------------------|-------|
| | Me | Q ₁ -Q ₃ | Me | Q ₁ -Q ₃ | |
| Al | 0,88 | 0,75-0,92 | 0,4 | 0,31-0,48 | 0,005 |
| Cd | 0,0009 | 0,0008-0,0012 | 0,0004 | 0,0003-0,00048 | 0,005 |
| Pb | 0,01 | 0,0075-0,014 | 0,01 | 0,007-0,016 | 0,13 |
| Sn | 0,004 | 0,0034-0,0046 | 0,004 | 0,0037-0,0051 | 0,22 |
| Sr | 0,05 | 0,034-0,062 | 0,05 | 0,043-0,061 | 0,16 |

Table 2
Content of toxic elements in breast muscles of broiler-chickens, mg/kg

| Indicator | I | | II | | P |
|-----------|--------|--------------------------------|--------|--------------------------------|-------|
| | Me | Q ₁ -Q ₃ | Me | Q ₁ -Q ₃ | |
| Al | 0.88 | 0.75-0.92 | 0.4 | 0.31-0.48 | 0.005 |
| Cd | 0.0009 | 0.0008-0.0012 | 0.0004 | 0.0003-0.00048 | 0.005 |
| Pb | 0.01 | 0.0075-0.014 | 0.01 | 0.007-0.016 | 0.13 |
| Sn | 0.004 | 0.0034-0.0046 | 0.004 | 0.0037-0.0051 | 0.22 |
| Sr | 0.05 | 0.034-0.062 | 0.05 | 0.043-0.061 | 0.16 |

Таблица 3
Содержание токсичных элементов в бедренных мышцах цыплят-бройлеров, мг/кг

| Показатель | I | | II | | P |
|------------|--------|--------------------------------|--------|--------------------------------|-------|
| | Me | Q ₁ -Q ₃ | Me | Q ₁ -Q ₃ | |
| Al | 0,6 | 0,49-0,74 | 0,48 | 0,23-0,61 | 0,14 |
| Cd | 0,0004 | 0,00035-0,00051 | 0,0002 | 0,00018-0,00028 | 0,006 |
| Pb | 0,04 | 0,034-0,047 | 0,01 | 0,0076-0,015 | 0,001 |
| Sn | 0,0009 | 0,00075-0,0012 | 0,001 | 0,00064-0,0017 | 0,17 |
| Sr | 0,04 | 0,032-0,048 | 0,02 | 0,015-0,031 | 0,013 |

Table 3
Content of toxic elements in the femoral muscles of broiler-chickens, mg/kg

| Indicator | I | | II | | P |
|-----------|--------|--------------------------------|--------|--------------------------------|-------|
| | Me | Q ₁ -Q ₃ | Me | Q ₁ -Q ₃ | |
| Al | 0.6 | 0.49-0.74 | 0.48 | 0.23-0.61 | 0.14 |
| Cd | 0.0004 | 0.00035-0.00051 | 0.0002 | 0.00018-0.00028 | 0.006 |
| Pb | 0.04 | 0.034-0.047 | 0.01 | 0.0076-0.015 | 0.001 |
| Sn | 0.0009 | 0.00075-0.0012 | 0.001 | 0.00064-0.0017 | 0.17 |
| Sr | 0.04 | 0.032-0.048 | 0.02 | 0.015-0.031 | 0.013 |

кадмия – на 50 % ($p = 0,006$), свинца – на 75 % ($p = 0,001$), стронция – на 50 % ($p = 0,013$), подобный результат был получен в исследованиях [11]. Снижение алюминия и олова было отмечено, однако изменения носили недостоверный характер (таблица 3).

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Известно, что способность концентрировать металлы, в том числе и тяжелые, очень широко распространена в природе среди различных организмов. Настоящими «рекордсменами» по извлечению тяжелых металлов из окружающей среды являются микроорганизмы. Накоплено множество данных, позволяющих считать, что микрофлора желудочно-кишечного тракта играет важную роль в детоксикации отдельных эндогенных и экзогенных токсических веществ. Большой интерес вызывает изучение данной способности среди микроорганизмов, входящих в состав пробиотических препаратов [13, p. 178].

На сегодняшний день не существует точной методологии расчета эндогенных потерь, лишь только изотопные маркеры. Так, V. Ravindran, et al. [14, p. 88], S. Cerrate, et al. [15, p. 305] использовали их для определения общих эндогенных потерь аминокислот.

Так, исследования [16, p. 685], [17, p. 102], [18, p. 275] показывают, что включение в рацион цыплятам-бройлерам витаминopodobного вещества гексафосфата инозитола повышает экскрецию эндогенного азота, аминокислот, железа, натрия и серы, введение фитазы снижает экскрецию эндогенных аминокислот, кальция, натрия и фосфора.

Потери эндогенного белка в толстой кишке составляют значительную долю от общих потерь эндогенного белка в ЖКТ [19, p. 1847]. При увеличении живой массы происходит и увеличение эндогенных потерь фосфора в теле свиноматок [20, p. 1872].

Изучение эндогенных кишечных потерь азота в дистальном отделе подвздошной кишки у растущей свиньи получили значительное внимание в исследованиях питания свиней, что имеет важное значение для определения истинной переваримости азота и аминокислот в кишечнике [21, p. 1638].

Повышение эндогенных потерь азота, возможно связано с повышенными темпами синтеза белка в кишечнике, что приводит к увеличению потребности свиней в энергии и аминокислотах для поддержания здоровья [22].

Вредное воздействие ионов тяжелых металлов связано с различными процессами: вытеснением находящихся в них металлов токсическими металлами; связыванием части макромолекулы, необходимой для нормальной жизнедеятельности организма [23, p. 152]; образованием

биологических агрегатов, вредных для организма; деполимеризацией биологически важных макромолекул; направленным спариванием оснований нуклеотидов и появлением ошибок в белковых синтезах [24, p. 248].

Особенно опасны с точки зрения ингибирования синтеза гема ионы Pb^{2+} . Они активизируют фермент гемокиназу, разлагающий гем, таким же действием обладает и кадмий. Потеря организмом животного гема приводит к дефициту гемоглобина и развитию анемии. Активация пероксидного и свободнорадикального окисления отмечена в случае ионов свинца, кадмия, стронция и других металлов [25, p. 393]. В результате такой активации повреждаются некоторые белки, нуклеиновые кислоты, липиды, а также биомембраны.

Пробиотические препараты могут оказывать протективное действие на токсичные элементы, снижая их содержание в организме, а также обладают биоактивными свойствами, способными оказывать регулирующее влияние на интенсивность обменных процессов, усиливать функциональную активность органов и систем организма, повышая уровень естественной резистентности сельскохозяйственной птицы [26, p. 63].

Бифидобактерии широко известны как классические пробиотические микроорганизмы. Благоприятное влияние бифидобактерий на организм хозяина велико и разнообразно. Они участвуют в ферментативных процессах, выполняют витаминообразующую функцию (синтез витаминов группы В, витамина К, фолиевой и никотиновой кислот), улучшают показатели белкового, липидного и минерального обмена, способствуют синтезу незаменимых аминокислот, лучшему усвоению солей кальция, витамина D и др. [27, p. 42].

В свою очередь, *Bifidobacterium longum* относится к эндогенной (аутохтонной, резидентной, облигатной) микрофлоре – постоянной части, нормофлоры, играющей важную роль в метаболизме хозяина, защите организма от инфекции [28, p. 36]. Для этой группы микроорганизмов, характерны связующее и инактивирующее действие в отношении токсических элементов и способность к усвоению эссенциальных.

Таким образом, в нашем случае пробиотический штамм *Bifidobacterium longum* оказывает селективное влияние на выведение токсичных элементов и накопление макроэлементов в биосубстратах исследуемых цыплят-бройлеров.

Благодарности (Acknowledgements)

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 20-16-00078).

Библиографический список (References)

- Garg N., Abdel-Aziz S., Aeron A. Microbes in food and health // Springer International Publishing. 2016. No. 1. P. 362. DOI: 10.1007/978-3-319-25277-3.
- Lu L., Liao X., Luo X. Nutritional strategies for reducing nitrogen, phosphorus and trace mineral excretions of livestock and poultry // Journal of Integrative Agriculture. 2017. No. 16 (12). Pp. 2815–2833. DOI: 10.1016/S2095-3119(17)61701-5.
- He Y., Chen Z., Liu X. Influence of trace elements mixture on bacterial diversity and fermentation characteristics of liquid diet fermented with probiotics under air-tight condition // PLoS ONE. 2014. No. 9 (12). DOI: 10.1371/journal.pone.0114218.
- Khan R., Rahman Z., Javed I., Muhammad F. Serum antioxidants and trace minerals as influenced by vitamins, probiotics and proteins in broiler breeders // Journal of Applied Animal Research. 2014. No. 42 (3). Pp. 249–255. DOI: 10.1080/09712119.2013.822815.

5. Feng P., et al. A review on gut remediation of selected environmental contaminants: Possible roles of probiotics and gut microbiota // *Nutrients*. 2019. No. 11. DOI: 10.3390/nu11010022.
6. Musawi A. M., et al. The growth potential and bioaccumulation ability of probiotics under the exposure of different heavy metals // *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science*. 2019. No. 42. Pp. 305–314.
7. Zhai Q., Narbad A., Chen W. Dietary strategies for the treatment of cadmium and lead toxicity // *Nutrients*. 2015. No. 7. Pp. 552–571.
8. Foligné B. Probiotics and heavy metals. *Journal of Pediatric // Gastroenterology & Nutrition*. 2016. No. 63. P. 42.
9. Miroshnikov S., Kvan O., Duskaev G., Rusakova E., Davydova N. Endogenous losses of chemical elements in the digestive tract and their correction // *Modern Applied Science*. 2015. No. 9 (9). Pp. 72–79.
10. Kvan O., Gavrish I., Lebedev S., Korotkova A., Miroshnikova E., Bykov A., Serdaeva V., Davydova N. Effect of probiotics on the basis of *Bacillus subtilis* and *Bifidobacterium longum* on the biochemical parameters of the animal organism // *Environmental Science and Pollution Research*. 2018. No. 25 (3). Pp. 2175–2183.
11. Order No. 755 on 12.08.1977 the USSR Ministry of Health.
12. National Academy Press Washington, D.C. 1966.
13. Deryabina D. G., Efremova L. V., Karimov I. F., Manukhov I. V., Gnuchikh E. Y., Miroshnikov S. A. Comparative Sensitivity of the Luminescent *Photobacterium phosphoreum*, *Escherichia coli*, and *Bacillus subtilis* Strains to Toxic Effects of Carbon-Based Nanomaterials and Metal Nanoparticles // *Microbiology*. 2016. No. 85 (2). Pp. 177–186.
14. Boyaval P. Lactic acid bacteria and metal ions // *Dairy Science & Technology*. 1989. No. 2. Pp. 87–113.
15. Ravindran V. Feed-induced specific ileal endogenous amino acid losses: Measurement and significance in the protein nutrition of monogastric animals // *Animal Feed Science and Technology*. 2016. No. 221. Pp. 304–313. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2016.05.013.
16. Cerrate S., Vignale S. K., Ekmay R., England J., Coon C. Effect of dietary nutrients on ileal endogenous losses of threonine, cysteine, methionine, lysine, leucine and protein in broiler chicks // *Animal*. 2018. No. 12 (4). Pp. 684–691. DOI: 10.1017/S1751731117002166.
17. Cowieson, A. J., Acamovic, T., Bedford, M. R. The effects of phytase and phytic acid on the loss of endogenous amino acids and minerals from broiler chickens // *British Poultry Science*. 2004. No. 45 (1). Pp. 101–108. DOI: 10.1080/00071660410001668923.
18. Adeola O., Xue P. C., Cowieson A. J., Ajuwon K. M. Basal endogenous losses of amino acids in protein nutrition research for swine and poultry // *Animal Feed Science and Technology*. 2016. No. 221. Pp. 274–283. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2016.06.004.
19. Schweer W. P., Patience J. F., Burrough E. R., Kerr B. J., Gabler N. K. Impact of PRRSV infection and dietary soybean meal on ileal amino acid digestibility and endogenous amino acid losses in growing pigs // *Journal of Animal Science*. 2018. No. 96 (5). Pp. 1846–1859. DOI: 10.1093/jas/sky093.
20. Starck C. S., Wolfe R. R., Moughan P. J. Endogenous Amino Acid Losses from the Gastrointestinal Tract of the Adult Human – A Quantitative Model // *Journal of Nutrition*. 2018. No. 148 (11). Pp. 1871–1881. DOI: 10.1093/jn/nxy162.
21. Bikker P., Van Der Peet-Schwering C. M. C., Gerrits W. J. J., Sips V., Walvoort C., Van Laar H. Endogenous phosphorus losses in growing-finishing pigs and gestating sows // *Journal of Animal Science*. 2017. No. 95 (4). Pp. 1637–1643. DOI: 10.2527/jas2016.1041.
22. Chen Y., Wang Z., Ding J., Ming D., Wang W., Jiang Z., Wang F. Effects of dietary fiber content and different fiber-rich ingredients on endogenous loss of fat and fatty acids in growing pigs // *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 2019. No. 10 (1). DOI: 10.1186/s40104-019-0348-3.
23. Nyachoti C. M., De Lange C. F. M., McBride B. W., Schulze H. Significance of endogenous gut nitrogen losses in the nutrition of growing pigs: A review // *Canadian Journal of Animal Science*. 1997. No. 77 (1). Pp. 149–163. DOI: 10.4141/A96-044.
24. Ouwehand A. C., Forssten S., Hibberd A. A., Lyra A., Stahl B. Probiotic approach to prevent antibiotic resistance // *Ann Med*. 2016. No. 48 (4). Pp. 246–255. DOI: 10.3109/07853890.2016.1161232.
25. Nandi et al Probiotics and antimicrobial Proteins. 2017. No. 10. Pp. 391–398.
26. Podolian J. Effect of probiotics on the chemical, mineral, and amino acid composition of broiler chicken meat // *Ukrainian Journal of Ecology*. 2017. No. 7 (1). Pp. 61–65. DOI: 10.15421/20178.
27. Erdogan Z., Erdogan S., Aslantas O. Effects of dietary supplementation of synbiotics and phytobiotics on performance, caecal coliform population and some oxidant/antioxidant parameters of broilers // *The Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 2010. No. 94 (5). Pp. 40–48.
28. Contreras H., Chim N., Credali A., Goulding C. W. Heme uptake in bacterial pathogens // *Current Opinion in Chemical Biology*. 2014. No. 34–41. DOI: 10.1016/j.cbpa.2013.12.014.

Об авторах:

Ольга Вилориевна Кван¹, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела кормления сельскохозяйственных животных и технологии кормов им. С. Г. Леушина, ORCID 0000-0003-0561-7002, AuthorID 598614; +7 (3532) 30-81-70, kwan111@yandex.ru

Елена Владимировна Шейда¹, кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории биологических испытаний и экспертиз, ORCID 0000-0002-2586-613X, AuthorID 569299; 460000; +7 922 862-64-02, elena-snejjda@mail.ru

Галимжан Калиханович Дускаев¹, доктор биологических наук, заведующий отделом кормления сельскохозяйственных животных и технологии кормов им. С. Г. Леушина, ORCID 0000-0002-9015-8367, AuthorID 316084; +7 (3532) 30-81-70

Шамиль Гафиуллинович Рахматуллин¹, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела кормления сельскохозяйственных животных и технологии кормов им. С. Г. Леушина, ORCID 0000-0003-0143-9499, AuthorID 614439; +7 (3532) 30-81-70

¹ Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, Оренбург, Россия

Effect of the probiotic strain *Bifidobacterium longum* on the content of chemical elements in biological tissues of broiler chickens with a mineral-deficient diet

O. V. Kvan[✉], E. V. Sheyda¹, G. K. Duskaev¹, Sh. G. Rakhmatullin¹

¹ Federal Research Center for Biological Systems and Agricultural Technologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia

✉ E-mail: kwan111@yandex.ru

Abstract. The study is aimed at studying the effect of the probiotic strain *Bifidobacterium longum* on the content of chemical elements in the biological tissues of broiler chickens against the background of a mineral-deficient diet. **Methods.** The research was conducted on cross Arbor-Icers broiler chickens between the ages of 7 and 42 days old. From the 21-day-old age of chickens, two groups of 15 heads each were formed by the method of analogs, the studied bird was kept on a mineral-deficient diet. Poultry of the experimental group received a liquid probiotic preparation “Soy-bifidum” in a dosage of 0.7 ml/kg of feed. Features of the exchange of chemical elements were determined by studying the content of the elemental composition of the liver, thoracic and femoral muscles on 25 indicators. **Results and practical significance.** The additional inclusion of the probiotic strain in the diet contributes to the maximum elimination of toxic elements, thereby reducing the intoxication of the entire body. Thus, the probiotic strain *Bifidobacterium longum* contributed to a significant decrease of aluminium in the liver by on 34 % ($p = 0.048$), lead – 50 % ($p = 0.008$), tin – 67 % ($p = 0.0064$), aluminium in the thoracic muscles by 54.6 % ($p = 0.005$), and cadmium by 55.6 % ($p = 0.005$), cadmium in the femoral muscles by 50 % ($p = 0.006$), lead by 75 % ($p = 0.001$), strontium – 50 % ($p = 0.013$) compared to such values in the control group. **Scientific novelty.** There were described the features of elemental metabolism by 25 indicators of broiler chickens with the introduction of probiotic drugs against the background of a mineral-deficient diet for the first time.

Keywords: probiotic, broiler chickens, toxic elements, deficient diet.

For citation: Kvan O. V., Sheyda E. V., Duskaev G. K., Rakhmatullin Sh. G. Vliyanie probioticheskogo shtamma *Bifidobacterium longum* na sodержanie khimicheskikh elementov v biologicheskikh tkanyakh tsyplyat-broylerov pri mineraldefitsitnoy diete [Effect of the probiotic strain *Bifidobacterium longum* on the content of chemical elements in biological tissues of broiler chickens with a mineral-deficient diet] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. Special issue “Biology and biotechnologies”. Pp. 28–34. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-14-28-34. (In Russian.)

Paper submitted: 23.10.2020.

Authors' information:

Olga V. Kvan¹, candidate of biological sciences, senior researcher of the department of animal feeding and feed technology named after S. G. Leushin, ORCID 0000-0003-0561-7002, AuthorID 598614; +7 (3532) 30-81-70, kwan111@yandex.ru

Elena V. Sheyda¹, candidate of biological sciences, research associate of the laboratory of biological tests and expertise, ORCID 0000-0002-2586-613X, AuthorID 569299; +7 922 862-64-02, elena-snejjda@mail.ru

Galimzhan K. Duskaev¹, doctor of biological sciences, head of the department of animal feeding and feed technology named after S. G. Leushin, ORCID 0000-0002-9015-8367, AuthorID 316084; +7 (3532) 30-81-70

Shamil G. Rakhmatullin¹, candidate of biological sciences, senior researcher of the department of animal feeding and feed technology named after S. G. Leushin, ORCID 0000-0003-0143-9499, AuthorID 614439; +7 (3532) 30-81-70

¹ Federal Research Center for Biological Systems and Agrotechnology of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia

Development of variety technologies for cultivation of potato in the Middle Urals

F. Keita¹, M. Yu. Karpukhin²✉

¹ Rural Polytechnic Institute for Education and Applied Research of Katibougou, Katibougou city, Mali Republic

² Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

✉ E-mail: mkarpukhin@yandex.ru

Abstract. Potato is one of the most important human foods. It possesses high taste and nutritional properties. The optimal ratio in potato tubers of organic and mineral substances necessary for a person determines its value as a food product. The tubers contain on average 76–78 % of water and 13 to 36 % of dry matter, of which 12–15 % are starch, 1–3 % protein and about 1 % – mineral compounds. Potato proteins have a very high biological value, since they contain a complex of essential amino acids that are not synthesized in the human body and must be obtained from food. Potatoes are an essential source of vitamin C. The studies were carried out on the experimental field of the educational and experimental farm "Uralets" of the Ural State Agrarian University (USAU), the village of "Studencheskiy", for three years (2016–2018) in the climatic zone of the Middle Urals. **Purpose of research.** The objective of this study was to study the influence of the feeding area of Gala potato, the use of fungicides on the yield and quality of tubers in the conditions of the Middle Urals. **Results.** The results analysis on the mineral and biochemical composition of tubers showed that the total nitrogen content changed from 0.25 to 0.37 % and did not depend on the feeding area. The phosphorus content varied from 0.034 to 0.063 % and depended on the feeding area, i. e. the less often the plantings were, the more phosphorus was contained. Potassium content fluctuated over the years. The starch content was stable and did not depend on weather conditions and feeding area and ranged from 11.3 to 15.4 %. The tasting result showed that the studied potato variety Gala has high taste. According to the taste assessment, the Gala variety was rated 5 points in the control variant. The variant with the use of the fungicide "Shirlan" yielded to it by 0.5 points. **Scientific novelty.** The scientific novelty lies in the fact that for the first time in the conditions of the Middle Urals, the influence of the feeding area on the mineral and biochemical composition of potato tubers (nitrogen, phosphorus, potassium, dry substances, vitamin C and others). **Keywords:** potato, tuber quality, mineral composition, biochemical composition, nutritional area, fungicide, tasting, taste assessment.

For citation: Keita F., Karpukhin M. Yu. Development of variety technologies for cultivation of potato in the Middle Urals // Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. Special issue "Biology and biotechnologies". Pp. 35–39. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-14-35-39.

Paper submitted: 11.11.2020.

Introduction

Potato is one of the most important crops and is rightly called the second bread. In the world production of crop products, it occupies one of the first places along with rice, wheat and corn. Potato contains almost all the essential enzymes and vitamins necessary for humans and animals, the most important of which is vitamin C. Its tubers contain up to 25 % of dry matter and vital mineral salts, as well as trace elements. The main minerals and proteins in the tubers are unevenly located, concentrated under the skin or in the immediate vicinity of the surface, so tubers with an intact skin retain all nutritional benefits during storage and, as a rule, are not damaged by diseases. Red, yellow, white and brown tubers provide the human body with a significant amount of vitamins and minerals. For example, one medium potato contains about 620 mg of potassium, which is more than bananas. Potassium is of great importance for humans, since it is involved in the regulation of muscle activity and affects the resistance of nerve cells to stress. Iron, which is found in potato, is involved in the conversion of food into energy, and is also important in the body's resistance to infections [15].

Potato is the fourth food crop in the world with a production of 377 million tonnes in 2016 after maize, rice, and wheat. China is the biggest producer of potato with an annual production of 99.13 million tonnes. Potato is commonly considered as a starch source due to the high starch content (65.90 to 74.08 g 100 g⁻¹ dry weight, which is higher than that of the most used starch source – wheat (65.18 g 100 g⁻¹ dry weight) [14].

Potato tubers contain about 25 % dry matter, including 14 ... 22 % starch, 1.4 ... 3.0 % protein, about 1 % fiber, 0.2 ... 0.3 % fat and 0.8 ... 1.0 % ash substances, organic acids – 0.6 %, sugars – 1 %, water – 75 %. Potatoes are rich in vitamins C, B₁, B₂, B₆, PP and minerals. Young tubers are especially rich in vitamins [3], [7], [8], [12].

The raw potato is an important source of antioxidants, dietary material, 325 kcal food energy, 7.6 g protein, 0.04 g fat, 72.8 g carbohydrates, 42 mg Ca, 231 mg P, 2.7 mg Fe, 70 IU vitamin A, 0.15 mg riboflavin, 4.4 mg niacin, and 64 mg ascorbic acid. Furthermore, the potato is one of the most important food crops [9].

Moreover, the resistant starch (22.50 %) that promoted the digestion and regular movement of large intestine in the potato starch was higher than that of maize starch (1.30 %), wheat starch (1.00 %), and rice starch (6.50 %) [6], [17].

In terms of nutrition, potato is a complex source of nutrients (vitamins, carotenoids, anti-oxidant phenolics, proteins, magnesium etc.), and some anti-nutrients (primarily glycoalkaloids). On average, potato tubers contain 77 % water, 20 % carbohydrates, and less than 3 % of proteins, dietary fiber, minerals, vitamins and other compounds [16].

A hectare of potatoes provides up to four times the calories of a grain crop and up to 85 % of the plant is edible human food, compared to around 50 % in cereals. Potato produces more food per liter of freshwater used through irrigation than cereals and thus is more sustainable to mitigate the effects of climate change [1].

According to Hengsdijk H. W., De Boer J. [5], the causal factors enhance post-harvest losses through changes in the chemical composition and physical properties of the tuber in the process of respiration, loss of moisture from the tuber, sprouting, and spread of diseases.

Nitrogen is important in fuelling the growth by ensuring optimal photosynthetic production in leaves. Phosphate, particularly foliar phosphate is applied during inhabitation to increase the tuber and tuber size, thereby increasing the tuber yield. Potassium is absorbed in larger quantities throughout the growing seasons; it is required for high yields, it also influences the number of tubers. Calcium and Magnesium are applied during the bulking process to increase the size of the tuber. Micronutrients such as boron, copper, iron, sodium and zinc present in potato are essential for plant growth. So the deficiency of anyone may affect their growth. Boron is important for growth of plants in the structural and functional virtue of the plant cell. Copper aids in protein synthesis. Iron and zinc are essentially useful for crop growth and high yielding of plants [11].

Modern ideas about the consumer qualities of table potato varieties are associated with the shape and size of tubers, the depth of the eyes, the color of the peel and pulp, as well as the absence of external and internal defects due to the tendency of certain varieties to overgrowth, the formation of growth cracks, dullness, and a change in the color of the pulp (discoloration) and other internal defects that may arise in tubers due to mechanical influences, especially during harvesting, transportation, sorting. In recent years, ideas about the nutritional value of potatoes as the most important product in human dietary nutrition have changed, due to the intensive development of selection in the direction of increasing the nutritional value of potato, as well as conducting in-depth studies in the field of its biochemistry. The biochemical composition depends on many factors: variety, soil and weather conditions, fertilizers, growing technology, degree of ripening, storage, etc. [13]

Several breeding and molecular approaches have been employed for trait improvement in potato. Conventional breeding techniques for potato improvement are directed to increase yield, processing, and storage-quality [4].

Although conventional breeding has been successfully employed for targeted trait improvement with less intraspecific variability, the progress is relatively slow and limited due to

the phenotypic characterization of leading individuals in successive generations [2].

Many former studies have determined the nutritional qualities of potato cultivars which were planted in different areas, and indicated significantly different nutrients among different potato cultivars, which might be related to soil, climate, cultivation technologies, etc. [10] Some studies on potato cultivars were mainly concentrated on cultivating varieties of high yield and disease resistance, the information about nutritional and functional properties of different cultivars are scarce. Therefore, it is necessary to determine the nutrition compounds and evaluate the comprehensive value of different potato cultivars in order to increase the varieties which are adapted to the potato staple food [17].

In the Middle Urals, a new high-yielding, medium-early variety Gala has recently been spreading, characterized by relative resistance to diseases and good tuber preservation in winter. The cultivation technology of the variety under these conditions has not been studied; therefore, the study of the methods of cultivation of this variety is justified and relevant. The variety is included in the State Register of Breeding Achievements in 2008, and is approved for cultivation in the 2nd, 3rd and 4th regions of the Russian Federation. The variety was used in this experiment by order of the Belorechensk farm of the Beloyarsk district of the Sverdlovsk region, where it is annually cultivated on large areas.

Purpose of the research: to study the effect of the food area of potato variety Gala, the use of fungicides on the yield and quality of tubers in the conditions of the Middle Urals.

Objectives: determine biochemical parameters and tasting assessment of potato tubers.

Methods

The object for the study was a variety of table potato, medium-early high-yielding Gala, bred by German breeders.

The research was carried out on the experimental field of the educational and experimental farm "Uralets" of the Ural State Agrarian University (USAU), the village "Studencheskiy", for three years (2016–2018) in the climatic zone of the Middle Urals. For the object of research in the experiment, we took a potato variety for table purpose, medium early, high-yielding Gala, bred by German breeders, originator Norika (Germany). In the experiment, two fungicides were studied: "Shirlan" and "Infinito".

The soil of the experimental site is podzolized chernozem, according to its granulometric composition, it is heavy loamy with a humus content of 4.5 %, the reaction of the soil is weakly acidic, the availability of mobile phosphorus is low, exchangeable potassium is average. The depth of the arable layer is 25 cm, the availability of the available forms N, P and K is very low. Agrochemical parameters of soil: pH, saline = 5.4; N = 185.9 mg/kg of soil; P₂O₅ = 238.9 mg/kg; K₂O = 268.5 mg/kg.

The experiment (two-factor) consists of 15 variants and 4 replications. The area of one plot is 20 m² (width = 2.5 m and length = 8 m), a total of 60 test plots, the total area of the experiment is 1200 m². The placement of plots in the experiment is systematic. The row spacing is 70 cm, and the distance between plants in a row is from 20 to 40 cm. Influence of the feeding area (factor A) and the use of fungicides (factor B) on the yield and economic efficiency of potato cultivation in the Middle Urals.

Biochemical analyzes of potato tubers were carried out in the analytical laboratory of the Ural Scientific Research Institute of Agriculture, a branch of the Ural Scientific Research Center of the Russian Academy of Sciences with the following methods: moisture (gravimetric method); mass fraction of nitrogen (crude protein) (Kjeldahl method); fat (extraction method); raw ash (gravimetric); carotene (extraction); acidity, vitamin C (titrimetric method); sugar (ebullioscopic method); nitrates (ionometric); phosphorus (photometric method); potassium (flame photometric method) and fiber (method of removing acid-alkali-soluble substances from the product). For biochemical analyzes in each variant, 1 kg of potato tubers were taken during harvesting. The Agrotechnology of potato cultivation in the experiment was generally accepted for the Middle Urals.

Results

The results of the 2016–2018 studies have shown that the food area influenced the biochemical parameters of potato tubers of the Gala variety.

Indicators of mineral elements in potato tubers grown at different food areas are presented in table 1.

From the analysis of the data in table 1, it can be seen that the total nitrogen content changed from 0.25 to 0.37 % and did not depend on the feeding area. The phosphorus content varied from 0.034 to 0.063 % and depended on the feeding area, i. e. the less often the plantings were, the more phosphorus was contained. Potassium content fluctuated over the years. In 2017 (wet and cool) potassium was higher in tubers with a smaller feeding area, and in 2018, which was characterized

by drier and warmer weather, on the contrary, more potassium was contained in tubers when they were rarely planted.

The biochemical parameters of potato tubers were also studied in table 2.

The experimental data obtained by us on the quality of tubers showed that the dry matter content depended both on the weather conditions over the years and on the planting density. Moreover, the larger the area of plant nutrition, the higher the dry matter content. There was a tendency to an increase in sugar content depending on an increase in the feeding area.

The content of vitamin C in cool, humid weather decreased with an increase in the feeding area, and, on the contrary, increased in warm, humid weather.

A strong reaction to changes in weather conditions was identified by the content of nitrates. In 2018, in warm, humid weather, the tubers contained 3.16 times more nitrates than in 2017 (dry and cool) with small feeding areas, and with large feeding areas, the differences increased up to 5 times.

The starch content was stable and did not depend on weather conditions and feeding area and ranged from 11.3 to 15.4 %.

The biochemical and mineral composition of tubers during storage, depending on the feeding area and the use of fungicides, are presented in table 3.

Analysis of the data in table 3 makes it possible to judge that the dry matter content in the variant with the "Shirlan" treatment and the 70 × 35 cm planting scheme was higher than in the control and amounted to 19.17 %. When calculated per hectare, the dry matter yield in the control was 4500 kg, and with the use of "Shirlan" = 7016 kg/ha, or 55 % more. Vita-

Table 1
Mineral composition of potato tubers depending on feeding area, 2017–2018

| Landing scheme, cm | Feeding area, cm ² | Nitrogen, % | | Phosphorus, % | | Potassium, % | |
|--------------------|-------------------------------|-------------|------|---------------|-------|--------------|------|
| | | 2017 | 2018 | 2017 | 2018 | 2017 | 2018 |
| 70 × 20 | 1400 | 0.35 | 0.26 | 0.053 | 0.034 | 0.640 | 0.98 |
| 70 × 25 | 1750 | 0.33 | 0.31 | 0.060 | 0.045 | 0.662 | 1.23 |
| 70 × 30 (c) | 2100 (c) | 0.27 | 0.25 | 0.052 | 0.038 | 0.605 | 1.21 |
| 70 × 35 | 2450 | 0.31 | 0.33 | 0.063 | 0.043 | 0.660 | 1.19 |
| 70 × 40 | 2800 | 0.37 | 0.30 | 0.062 | 0.053 | 0.690 | 2.00 |
| <i>r</i> | – | 0.08 | 0.47 | 0.65 | 0.79 | 0.49 | 0.81 |

Table 2
Biochemical parameters of potato tubers depending on feeding area, 2017–2018

| Landing scheme, cm | Feeding area, cm ² | Dry matter, % | | Sugar, % | | Vitamin C, mg % | | Nitrates, mg/kg | | Starch, % | |
|--------------------|-------------------------------|---------------|-------|----------|------|-----------------|------|-----------------|-------|-----------|------|
| | | 2017 | 2018 | 2017 | 2018 | 2017 | 2018 | 2017 | 2018 | 2017 | 2018 |
| 70 × 20 | 1400 | 19.9 | 17.80 | 1.70 | 0.16 | 24.2 | 33.4 | 67.0 | 131.0 | 14.3 | 14.3 |
| 70 × 25 | 1750 | 20.8 | 17.20 | 2.00 | 0.19 | 25.5 | 29.9 | 20.4 | 146.0 | 12.3 | 12.3 |
| 70 × 30 (c) | 2100 (c) | 20.0 | 17.70 | 2.28 | 0.17 | 23.8 | 33.9 | 22.5 | 138.0 | 11.3 | 12.3 |
| 70 × 35 | 2450 | 21.2 | 17.60 | 2.42 | 0.24 | 23.3 | 31.2 | 20.9 | 137.0 | 11.8 | 11.8 |
| 70 × 40 | 2800 | 21.6 | 18.60 | 2.10 | 0.21 | 24.2 | 33.0 | 30.2 | 133.0 | 12.3 | 15.4 |
| <i>r</i> | | 0.81 | 0.62 | 0.70 | 0.74 | –0.43 | 0.05 | –0.58 | –0.14 | –0.62 | 0.17 |

Table 3
Biochemical and mineral composition of potato tubers depending on the feeding area and the use of fungicides, 2016–2018

| Variation | Dry matter, % | N _{total} % | Phosphorus, % | Potassium, % | Cellulose, % | Sugar, % | Vitamin C, mg % | Nitrates, mg/kg | Starch, % |
|-----------|---------------|----------------------|---------------|--------------|--------------|----------|-----------------|-----------------|-----------|
| Control | 16.13 | 0.31 | 0.055 | 0.430 | 0.295 | 1.94 | 25.5 | 45.4 | 8.70 |
| "Shirlan" | 19.17 | 0.26 | 0.062 | 0.503 | 0.368 | 1.79 | 27.7 | 57.0 | 8.70 |

Table 4
Tasting assessment of potato varieties, 2016–2018

| Name of samples | Appearance (color, tuber shape) | Tuber boiling time, in minutes | Soft color | Consistency softness | Digestibility | Taste, score | Total assessment, score |
|------------------|---------------------------------|--------------------------------|------------|----------------------|---------------|--------------|-------------------------|
| Gala + “Shirlan” | White, rounded | 25 | Yellow | Rough | Weak | 4.5 | 4.5 |
| Gala (control) | White, rounded | 23 | Yellow | Rough | Weak | 5.0 | 5.0 |
| Irbit | Brown, rounded | 25 | Dark | Tender | Medium | 3.8 | 3.8 |
| Mayak | Pink, oval | 14 | White | Tender | Medium | 4.0 | 4.0 |
| Zekura | Grey, rounded | 22 | Yellow | Rough | Indigestible | 4.0 | 4.0 |
| Luks | Red, rounded | 30 | White | Tender | Medium | 4.5 | 4.5 |

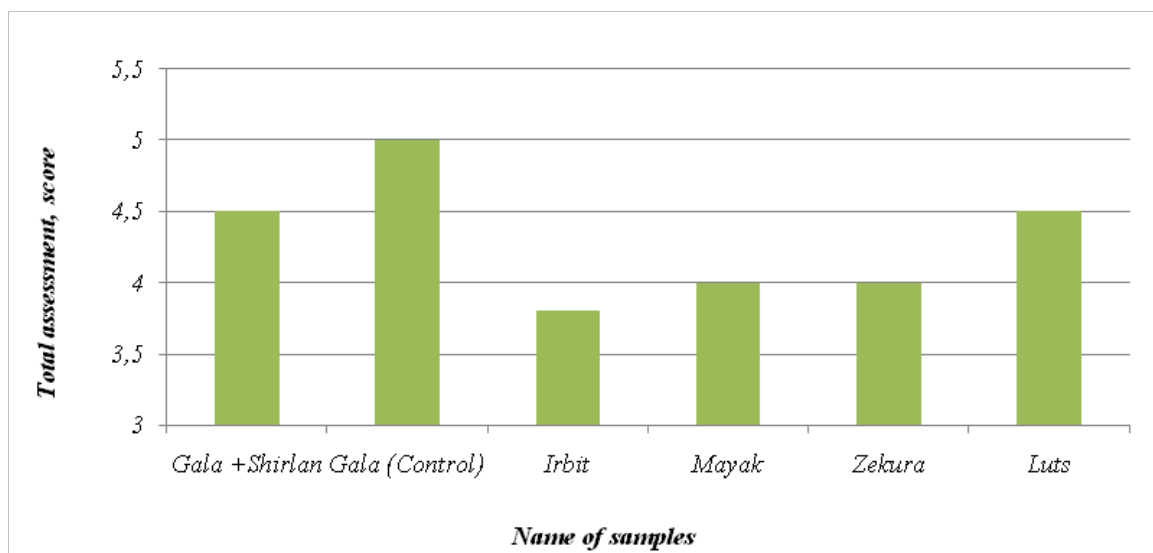


Fig. 1. Tasting assessment of potato varieties, 2016–2018

min C from 1 hectare in the control was 7114 kg, and in the variant with the use of “Shirlan” – 10 138 kg or 42 % more. In the tubers of the control variant, the content of nitrates was 45.4 mg/kg, and when using “Shirlan” = 57.0 mg/kg. For other indicators, the differences were insignificant.

The quality of the products can also be judged by the results of the tasting, which showed that the studied potato variety Gala has high taste (table 4).

Of the five varieties, the most delicious variety was Gala in the control variant without fungicide treatment. It is interesting to note that the use of fungicides negatively affected the taste of the tuber. This happened, apparently, because the use of fungicides changed the concentration of cell sap, electrical conductivity, specific gravity of tuber, nitrate content and temperature of the tuber. Since the indicated indicators changed under the influence of the feeding area, then, apparently, the taste of potato tubers changed. The boiling time of tubers, depending on the variety, varied from 14 to 30 minutes.

Thus, from the studies carried out, it can be concluded that according to the taste assessment of Gala tubers, the control

variant was the best variant; it was evaluated with 5 points. The variant with the use of the fungicide “Shirlan” was evaluated with 4.5 points, i. e. for 0.5 points less than control.

Discussion and Conclusion

Researches have shown that the food area influenced the quality of products, their mineral and biochemical composition, especially the content of nitrogen, phosphorus, potassium, dry matter, vitamin C and others.

The conducted studies allowed us to conclude that, according to the taste assessment of Gala tubers, the control option was the best, it was rated 5 points. The variant with the use of the fungicide “Shirlan” was evaluated with 4.5 points, i. e. for 0.5 points less than control.

With the use of the fungicide “Shirlan”, the dry matter content was 7016 kg/ha, which is 55 % more than the control. Vitamin C from 1 hectare in the control was 7114 kg, and in the variant with the use of “Shirlan” = 10138 kg or 42 % more. The nitrate content was 45.4 mg/kg, and when “Shirlan” was used, it was 57.0 mg/kg. For the rest of the indicators, the differences were insignificant.

References

1. Degebase A. C. Prospects and Challenges of Postharvest Losses of Potato (*Solanum Tuberosum* L.) in Ethiopia // Global Journal of Nutrition & Food Science. 2020. No. 2 (5). Pp. 1–10. DOI: 10.33552/GJNFS.2020.02.000550.
2. Hameed A., Zaidi S., Shakir S., Mansoor S. Applications of new breeding technologies for potato improvement // Review frontiers in Plant Science. 2018. Vol. 9. Pp. 1–15. DOI: 10.3389/fpls.2018.00925.
3. Devyatkina L. N., Sakov A. P., Ignatiev E. N., Polozova V. P. Scenarное прогнозирование развития картофелеводства с учетом требований продовольственной безопасности региона [Scenario prediction of the development of potato growing, taking into

account the requirements of food security in the region] [e-resource] // Moscow Economic Journal. 2016. No. 3. Pp. 270–314. URL: <http://qe.su/ekonomika-apk/moskovskij-ekonomicheskij-zhurnal-3-2016-3/?print=print> (appeal date: 07.10.2020). (In Russian.)

4. Halterman D., Guenther I., Collinge S., Butler N., Douches D. Biotech potatoes in the 21st century: 20 years since the first biotech potato // American Journal of Potato Research. 2016. No. 93. Pp. 1–20. DOI: 10.1007/s12230-015-9485-1.

5. Hengsdijk H. W., De Boer J. Post-harvest management and postharvest losses of cereals in Ethiopia // Food security: the science, sociology and economics of food production and access to food. 2017. No. 9. Pp. 945–958.

6. Hung P. V., Vien N. L., Phi N. T. L. Resistant starch improvement of rice starches under a combination of acid and heat-moisture treatments // Food Chemistry. 2016. No. 191. Pp. 67–73.

7. Karpukhin M. Yu., Krupskiy I. N., Keita F. Tehnologiya vzdelyvaniya kartofelya na Srednem Urale [Potato cultivation technology in the Middle Urals: scientific and practical recommendations]. Ekaterinburg: Ural State Agrarian University, 2016. 15 p. (In Russian.)

8. Karpukhin M. Yu. Proektnyy keys: Razrabotka tehnologiy promyshlennogo vzdelyvaniya i semenovodstva kartofelya na osnove sovremennykh biotekhnologicheskikh metodov [Design case: development of technologies for industrial cultivation and seed production of potatoes based on modern biotechnological methods]. Ekaterinburg: Ural State Agrarian University, 2017. 21 p. (In Russian.)

9. Tunio M. H., Gao J., Shaikh S. A., Lakhari I. A., Qureshi W. A., Solangi K. A., Chandio F. A. Potato production in aeroponics: An emerging food growing system in sustainable agriculture for food security // Chilean journal of agricultural research. 2020. No. 80 (1). Pp. 118–132. DOI: 10.4067/S0718-58392020000100118. URL: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/chiljar/v80n1/0718-5839-chiljar-80-01-118.pdf> (appeal date: 07.10.2020).

10. Ngobese N. Z., Workneh T. S., Alimi B. A., Tesfay S. Nutrient composition and starch characteristics of eight European potato cultivars cultivated in South Africa // Journal of food composition and Analysis. 2017. No. 55. Pp. 1–11.

11. Parameswaran R., Bhuvaneshwar P. T. V. Detection of macro and micro nutrients in potatoes using elemental analysis techniques // International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE). 2020. Vol. 8, Iss. 5. Pp. 1033–1040. DOI: 10.35940/ijrte.E6245.018520.

12. Sharipova D. S., Aitbayev T. E., Tazhibayev T. S., Nacheva E. K. The Impact of New and Improved Elements of Agricultural Technologies on Potato Productivity in the South-east of Kazakhstan // Biosciences Biotechnology Research Asia. 2016. Vol. 13 (2). Pp. 1031–1036. DOI: 10.13005/bbra/2129.

13. Simakov E. A., Anisimov B. V., Mityushkin A. V., Zhuravlev A. A., et al. Sorta kartofelya selektsionnogo centra VNIKKH [Potato varieties of the breeding center of the All-Russian Research Institute of Potato Farming]. Consumer and dining quality, culinary type. Moscow, 2016. 38 p. (In Russian.)

14. Swieca M., Dziki D., Gawlik-Dziki U. Starch and protein analysis of wheat bread enriched with phenolics-rich sprouted wheat flour // Food Chemistry. 2017. No. 228. Pp. 643–648.

15. Tumanyan A. F., Tyutyuma N. V., Shcherbakova N. A. Biohimicheskiy sostav i kachestvo stolovykh sortov kartofelya, vyrashchivaemykh na svetlo-kashtanovykh pochvakh Astrahanskoj oblasti kapel'nyy oroscheniem [Biochemical composition and table quality of potato varieties grown in light chestnut soils of the Astrakhan region on drip irrigation] // Vestnik RUDN. Series: Agronomy and Livestock, 2016. No. 2. Pp. 1–8. (In Russian.)

16. Zaheer K., Akhtar M. H. Potato production, usage, and nutrition // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2016. No. 56. Pp. 711–721. DOI: 10.1080/10408398.2012.724479.

17. Zhou L., Mu T., Ma M., Zhang R., Sun Q., Xu Y. Nutritional evaluation of different cultivars of potatoes (*Solanum tuberosum* L.) from China by grey relational analysis (GRA) and its application in potato steamed bread making // Science Direct, Journal of Integrative Agriculture. 2019. No. 18 (1). Pp. 231–245. DOI: 10.1016/S2095-3119(18)62137-9.

Authors' information

Fode Keita¹, assistant in the department of plant protection, ORCID 0000-0001-7156-2623; +223 21 26-20-12, keitafode2016@gmail.com

Mikhail Yu. Karpukhin², candidate of agricultural sciences, associate professor, vice-rector for research and innovation, ORCID 0000-0002-8009-9121, AuthorID 339196; mkarpuhin@yandex.ru

¹ Rural Polytechnic Institute for Education and Applied Research of Katibougou, Katibougou city, Mali Republic

² Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

Изменение показателей собственной продуктивности быков-производителей голштинской породы в зависимости от сезона года и возраста

Е. Н. Нарышкина¹✉

¹ Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста, Дубровицы, Россия

✉ E-mail: selection.76@mail.ru

Аннотация. Цель исследования – оценить влияние сезона года и возраста быка-производителя в период сбора спермопродукции на основные показатели собственной продуктивности быков-производителей голштинской породы. В исследованиях по анализу данных показателей собственной продуктивности 229 быков-производителей голштинской породы изучены влияние возраста (год рождения), сезона года, а также степень влияния данных факторов на значение показателей собственной продуктивности быков-производителей. **Методы.** Проанализированы данные по основным показателям собственной продуктивности быков-производителей: объем эякулята, количество и концентрация сперматозоидов в 1 мл. Результаты исследований были классифицированы по сезонам года: зима, весна, лето, осень. Значения количественных показателей спермопродукции даны в виде отклонений от средней величины по выборке. Статистический анализ проведен с использованием диаграммы типа boxplot с нанесением на него средних значений и стандартного отклонения ($\pm\sigma$). Дисперсионный анализ проведен по следующей статистической модели: $y_{ijk} = \mu + \text{age}_j + \text{season}_k + e_{ijk} + s_i$. При проверке значимости использовали F -критерий Фишера. **Результаты.** Независимо от сезона года значение показателей объема эякулята и общего количества сперматозоидов в эякуляте увеличивается с возрастом, а концентрация сперматозоидов в 1 мл снижается. В весенний и летний период 77–83 % и 66–79 % наблюдений имели высокие значения показателя объема эякулята и количество сперматозоидов в эякуляте. В весенний и осенний периоды 62–64 % наблюдений имели высокие значения показателя концентрации сперматозоидов в эякуляте. Высокую степень влияния на значение показателей собственной продуктивности оказывает фактор год рождения быка-производителя и сам бык-производитель: объем эякулята – 14,94 и 18,22 %; количество сперматозоидов в эякуляте и их концентрация – 8,53–27,88 и 4,51–15,82 % соответственно. **Научная новизна.** Получены данные о влиянии факторов сезона года, возраста быка-производителя на показатели собственной продуктивности.

Ключевые слова: бык-производитель, спермопродукция, объем эякулята, сезон года, возраст быка-производителя.

Для цитирования: Нарышкина Е. Н. Изменение показателей собственной продуктивности быков-производителей голштинской породы в зависимости от сезона года и возраста // Аграрный вестник Урала. 2020. Специальный выпуск «Биология и биотехнологии». С. 40–48. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-14-40-48.

Дата поступления статьи: 25.10.2020.

Постановка проблемы (Introduction)

Быки-производители оказывают существенное влияние на генетический прогресс в популяции по различным селекционным признакам, ускоряют темпы селекции. Поэтому репродуктивный потенциал быков-производителей – важный фактор для поддержания высокого уровня воспроизводства в стаде [1, с. 12].

На качество спермопродукции быков-производителей влияет широкий спектр генетических и паратипических факторов, включая возраст быков-производителей, интервал и частота сбора спермопродукции, сезон года [2, с. 31], [3, с. 202], [4, с. 2408].

Многими исследователями отмечено, что возраст быка влияет на количественные показатели спермопродукции. Более взрослые быки-производители старше 3 лет имеют больший объем эякулята и количество сперматозоидов в эякуляте, чем молодые быки [5, с. 8], [6, с. 147], [7, с. 5].

По данным Е. М. Murphy с соавторами, которые проанализировали 8983 эякулятов 176 быков-производителей голштинской породы по значениям показателей собственной продуктивности, установлено достоверное влияние возраста быка на значение показателей объема эякулята ($P < 0,01$), общего количества сперматозоидов в эякуляте ($P < 0,01$) и концентрацию сперматозоидов ($P < 0,05$). Значение показателя объема эякулята положительно коррелировало с возрастом быка ($r = 0,62$, $P < 0,01$) и увеличивалось примерно на 0,5 мл в год. Наблюдалась линейная взаимосвязь объема эякулята и общего количества сперматозоидов в эякуляте ($r = 0,71$; $P < 0,01$). Быки в возрасте от 1 до 2 лет имели наибольшую концентрацию сперматозоидов в 1 мл ($P < 0,05$). Далее с возрастом концентрация сперматозоидов в 1 мл снижалась [4, с. 2411].

Ю. А. Корнеенко-Жилиев, исследовав 19612 эякулятов от 78 производителей голштинской породы, методом

дисперсионного анализа выявил высоко достоверное ($P < 0,001$) влияние независимого фактора – возраста быка-производителя – на изменчивость показателей спермопродукции быков-производителей. Объем эякулята максимально увеличивается до 3-летнего возраста +30 %, далее в течение всей жизни быка-производителя средний объем эякулята увеличивается на 12,2 %. Общее количество сперматозоидов в эякуляте возрастает до 6-летнего возраста, имея максимальные показатели в период от 1 до 3 лет эксплуатации с 4,63 млрд до 5,63 млрд в эякуляте. До 6-летнего возраста концентрация сперматозоидов в среднем составляла 1,39 млрд/мл, минимальное значение данного показателя было в возрасте 8 лет – 1,22 млрд/мл [5, с. 8].

В исследованиях Е. В. Четвертаковой в условиях Красноярского края быки-производители в возрасте до 2 лет характеризуются пониженными биотехнологическими показателями спермопродукции, от 2 до 6 лет имеют стабильные показатели, а снижение показателей спермопродукции наблюдается у быков в возрасте старше 6 лет [8, с. 16].

Как полагают многие исследователи, увеличение объема эякулята и общего количества сперматозоидов с возрастом связано с физиологическими изменениями, такими как увеличение массы тела и одновременное развитие семенников и придаточных желез во время и после полового созревания, что приводит к увеличению выработки спермы [9, с. 339].

Всесторонне было изучено влияние сезона года на производство спермопродукции крупного рогатого скота. Однако данные противоречивы, возможно, из-за различия климатических условий, условий микроклимата и окружающей среды, в которых проводились эти исследования [10, с. 5629], [11, с. 113], [12, с. 89], [13, с. 79].

С. Staub с соавторами было доказано, что сперматогенез быков-производителей чувствителен к изменению факторов внешней среды. Поскольку он занимает примерно 61 день, качество спермы в эякуляте может изменяться в зависимости от условий внешней среды, в которой бык-производитель находился за 8–9 недель до сбора спермопродукции [14, с. 28].

В. Rahman отметил, что при повышении температуры окружающей среды возникает потребность в кислороде для поддержания аэробного метаболизма в семенниках. При увеличении температуры семенников кровотоков в них увеличивается очень незначительно, что ведет к гипоксии. В результате происходят качественные изменения спермопродукции. В случае повышения температуры окружающей среды до 37 °С и более с относительной влажностью воздуха 81 % в течение 12 часов в сутки 17 дней подряд было обнаружено, что в эякуляте до 30–40 % морфологически аномальных сперматозоидов (в основном свернутые хвосты и отделенные головки) с уменьшением общего количества сперматозоидов, концентрации и подвижности [15, с. 106].

Изменение атмосферного давления также оказывает влияние на значение показателей собственной продуктивности быков-производителей [5, с. 9]. В случаях, когда частота аномальных метеорологических условий на протя-

жении долгого времени превышает физиологические нормы, ответной реакцией организма становится дисбаланс механизмов сохранения гомеостаза. В результате стресса появляется общий адаптационный синдром, ведущий к гематологическим, морфологическим и клиническим изменениям в организме животного [16, с. 317].

Целью настоящего исследования была оценка влияния возраста быков-производителей голштинской породы и сезона года на показатели собственной продуктивности: объем эякулята, количество и концентрацию сперматозоидов в эякуляте.

Исходя из цели исследования можно выделить следующие задачи:

- 1) изучить влияние возраста (год рождения) на показатели собственной продуктивности быков-производителей;
- 2) изучить влияние сезонных изменений на показатели собственной продуктивности быков-производителей;
- 3) рассчитать степень влияния возраста быка-производителя, сезона года а также влияние самого быка-производителя на изменение показателей спермопродукции.

Методология и методы исследования (Methods)

Исследования проводились на быках-производителях голштинской породы, принадлежащих одному из предприятий по племенной работе РФ за период 2012–2016 гг. Общее количество быков-производителей – 226 голов, количество учтенных эякулятов – 27 213, год рождения – 2002–2015 гг. Были проанализированы данные по основным показателям собственной продуктивности быков-производителей: объем эякулята, количество и концентрация сперматозоидов в 1 мл. Результаты исследований были классифицированы по сезонам года: зима, весна, лето, осень. Значения количественных показателей спермопродукции даны в виде отклонений от средней величины по выборке.

Статистический анализ проведен с использованием диаграммы типа boxplot с нанесением на него средних значений и стандартного отклонения ($\pm\sigma$).

Биометрическая обработка материала проводилась с использованием пакета анализа данных в Excel.

Чтобы установить, оказывают ли существенное влияние сезон года и возраст быка-производителя (год рождения) на количественные показатели собственной продуктивности, использовали метод дисперсионного анализа по следующей статистической модели:

$$y_{ijk} = \mu + \text{age}_j + \text{season}_k + e_{ijk} + s_i,$$

где y_{ijk} – значение показателя собственной продуктивности быка-производителя;

μ – среднее значение;

age_j – эффект возраста j -го быка;

season_k – эффект k -го сезона;

s_i – эффект i -го быка-производителя;

e_{ijk} – случайная ошибка.

При проверке значимости использовали предложенной Фишером F -критерий. Нулевая гипотеза (H_0) состоит в том, что различия внутри- и межгрупповой дисперсии значений собственной продуктивности быков-производителей под влиянием различных факторов статистически не достоверны. Максимальная приемлемая вероятность, чтобы отвергнуть нулевую гипотезу – уровень значимости, который обозначают $\alpha = 0,05$.

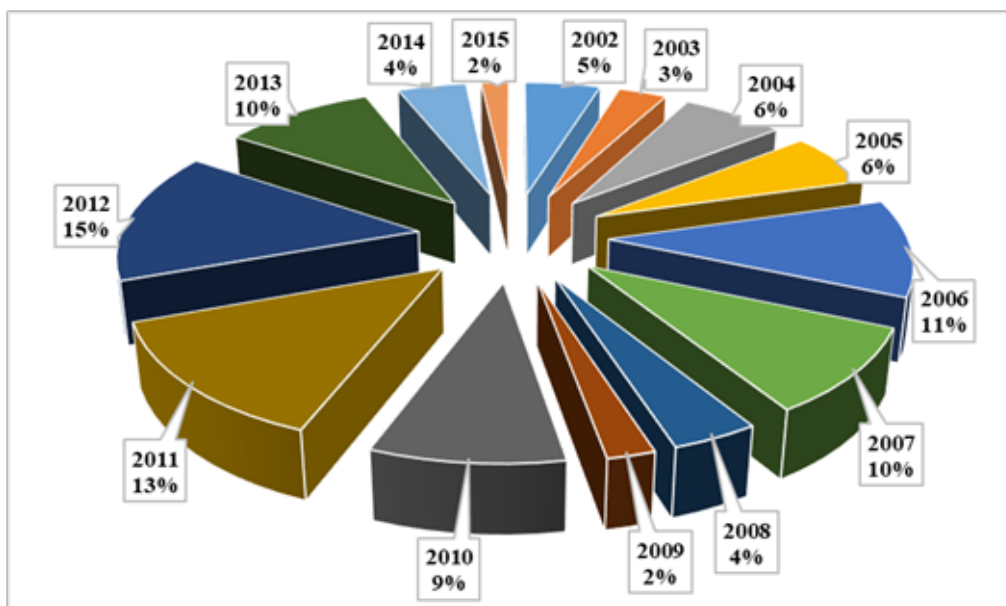


Рис. 1. Количество исследуемых быков-производителей в зависимости от года рождения
 Fig. 1. The number of sires studied, depending on the year of birth

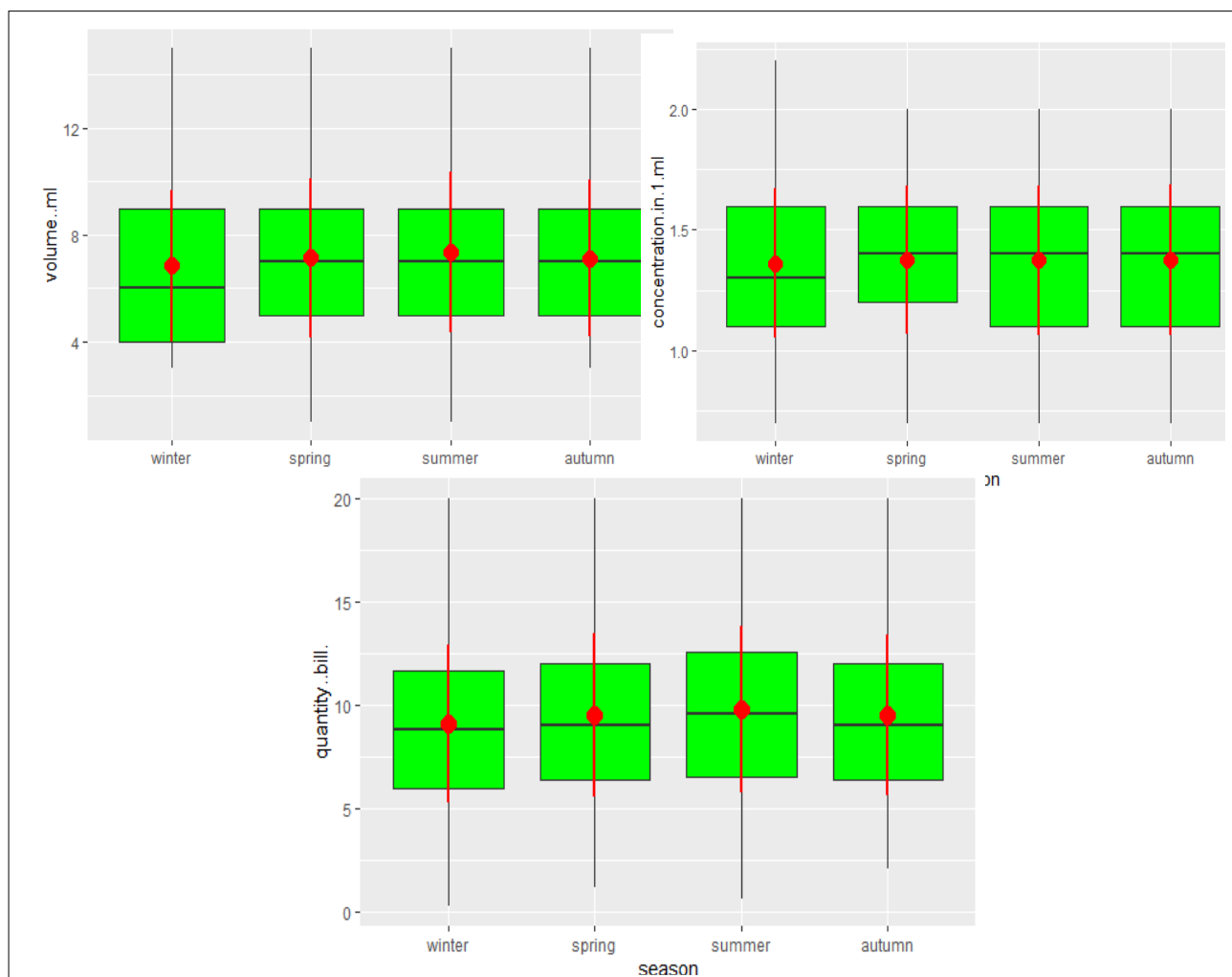


Рис. 2. Распределение значений показателей собственной продуктивности быков-производителей в различные сезоны года
 Fig. 2. Distribution of values of indicators of self-productivity of bulls in different seasons of the year

F -значение $< 0,05$ – нулевая гипотеза (H_0) отклоняется, изменчивость средних значений показателей имеет статистически значимые различия.

F -значение $\geq 0,05$ – нулевая гипотеза (H_0) принимается, и делается вывод об отсутствии статистически значимых различий значений показателей.

Проверка гипотез о достоверности влияния различных факторов на значения основных показателей спермопродукции быков-производителей и сам дисперсионный анализ рассчитывались с помощью языка R в среде RStudio.

Результаты (Results)

В период 2012–2016 гг. были проанализированы показатели собственной продуктивности 226 быков-производителей. Наибольший удельный вес имели животные, рожденные в 2006–2007 (11 и 10 %), 2010–2013 (9, 13, 15 и 10 %) (рис. 1). В остальных группах количество быков составляло 2–6 %.

На начальном этапе предварительной обработки данных было важно проверить, подчиняется ли наша выборка нормальному распределению. Для определения формы распределения данных и выбора дальнейших методов работы с ними, первичные данные были проверены на наличие выбросов (наблюдений, далеко отстоящих от других и влияющих на величину среднего значения). В ходе проверки выбросы были отсечены, а данные приобрели форму, близкую к нормальному распределению.

Для наглядного представления о распределении значений анализируемых данных по показателям собственной продуктивности быков-производителей использовали графический анализ – гистограммы типа box plot (с нанесением на него среднего значения и среднеквадратического отклонения), на котором видны основные статистические значения в исследуемой выборке (рис. 2).

В наших исследованиях среднее значение показателей общего количества и концентрации сперматозоидов в 1 мл быков-производителей было примерно на одном уровне

с значением медианы во все периоды сезона, что говорит о нормальном распределении значений данных показателей. Среднее значение объема эякулята только в зимний период немного превышает значение медианы. Среднеквадратическое отклонение показателей собственной продуктивности быков-производителей не ниже межквартильного размаха. Во всех ситуациях основное количество наблюдаемых величин лежит в интервале $\pm 1 \sigma$ от средней величины (рис. 2, таблица 1).

Показатели объем эякулята и общее количество сперматозоидов в эякуляте имеют более высокие значения изменчивости – 40,86–42,23, что говорит об их варибельности и подверженности влиянию различных факторов в большей степени, чем у показателя концентрация сперматозоидов в 1 мл ($Cv = 21,9–23,19$).

На графике видно, что сезон года влияет на показатели спермопродукции. Наиболее низкие показатели наблюдаются в зимний период (рис. 2).

Для того чтобы проследить динамику изменения показателей спермопродукции быков-производителей под влиянием сезонных факторов и возраста (год рождения), средние количественные показатели собственной продуктивности быков-производителей выразили в отклонениях от средней величины по всей группе животных. Для просмотра общей тенденции изменения данных показателей на график была нанесена линия тренда и рассчитан показатель аппроксимации (R^2), показывающий, насколько точной получилась линия тренда.

С помощью простой линейной регрессии (рис. 3), характеризующей линейную взаимосвязь между показателями спермопродукции быков-производителей и факторами сезона года и года рождения, можно сделать вывод, что независимо от сезона года показатели объема эякулята и общего количества сперматозоидов в эякуляте увеличиваются с возрастом, а концентрация сперматозоидов в 1 мл снижается.

Таблица 1
Статистические значения показателей собственной продуктивности быков-производителей в различные сезоны года

| Показатели | Объем эякулята, мл | | | Концентрация сперматозоидов, млрд/мл | | | Общее количество сперматозоидов, млрд | | |
|------------|--------------------|---------|----------|--------------------------------------|---------|----------|---------------------------------------|---------|----------|
| | σ | IQR^* | $Cv, \%$ | σ | IQR^* | $Cv, \%$ | σ | IQR^* | $Cv, \%$ |
| Зима | 2,85 | 5,1 | 41,67 | 0,31 | 0,51 | 22,79 | 3,83 | 5,52 | 42,23 |
| Весна | 2,98 | 4,2 | 41,68 | 0,3 | 0,44 | 21,90 | 3,95 | 5,29 | 41,54 |
| Лето | 3,03 | 4,15 | 41,22 | 0,31 | 0,49 | 22,63 | 4,05 | 5,48 | 41,33 |
| Осень | 2,93 | 4,21 | 41,15 | 0,32 | 0,52 | 23,19 | 3,89 | 5,11 | 40,86 |

Примечание: * межквартильный размах.

Table 1
Statistical values of indicators of own productivity of bulls-producers in different seasons of the year

| Indicators | Volume of ejaculate, ml | | | The concentration of sperm, bill/ml | | | Total number of spermatozoa, bill. | | |
|------------|-------------------------|---------|----------|-------------------------------------|---------|----------|------------------------------------|---------|----------|
| | σ | IQR^* | $Cv, \%$ | σ | IQR^* | $Cv, \%$ | σ | IQR^* | $Cv, \%$ |
| Winter | 2.85 | 5.1 | 41.67 | 0.31 | 0.51 | 22.79 | 3.83 | 5.52 | 42.23 |
| Spring | 2.98 | 4.2 | 41.68 | 0.3 | 0.44 | 21.90 | 3.95 | 5.29 | 41.54 |
| Summer | 3.03 | 4.15 | 41.22 | 0.31 | 0.49 | 22.63 | 4.05 | 5.48 | 41.33 |
| Autumn | 2.93 | 4.21 | 41.15 | 0.32 | 0.52 | 23.19 | 3.89 | 5.11 | 40.86 |

Note: * interquartile range.

Таблица 2

Влияние различных факторов на показатели собственной продуктивности быков-производителей

| Факторы | Df | Объем эякулята, мл | | Концентрация сперматозоидов в эякуляте, млрд/мл | | Количество сперматозоидов в эякуляте, млрд | |
|---------------------------------|--------|--------------------|-------|---|-------|--|-------|
| | | F-value | η, % | F-value | η, % | F-value | η, % |
| Сезон года | 3 | 52,507*** | 0,49 | 3.999** | 0.04 | 57.741*** | 0.01 |
| Год рождения быка-производителя | 13 | 371,159*** | 14,94 | 99.191*** | 4.51 | 197.134*** | 8.53 |
| Сезон года × год рождения | 38 | 3,871*** | 0,46 | 3.084*** | 0.41 | 3.849*** | 0.49 |
| Бык-производитель | 212 | 37,12*** | 18,22 | 28.24*** | 15.82 | 54.37*** | 27.88 |
| Остаток (Residuals) | 27 158 | | 65,89 | | 78.22 | | 63.09 |

Примечание: ** P < 0,01; *** P < 0,001.

Table 2

Influence of various factors on the indicators of own productivity of bulls-producers

| Factors | Df | Volume of ejaculate, ml | | The concentration of sperm, bill/ml | | Total number of spermatozoa, bill. | |
|------------------------------------|--------|-------------------------|-------|-------------------------------------|-------|------------------------------------|-------|
| | | F-value | η, % | F-value | η, % | F-value | η, % |
| Season of the year | 3 | 52.507*** | 0.49 | 3.999** | 0.04 | 57.741*** | 0.01 |
| Year of birth of the bull | 13 | 371.159*** | 14.94 | 99.191*** | 4.51 | 197.134*** | 8.53 |
| Season of the year × year of birth | 38 | 3.871*** | 0.46 | 3.084*** | 0.41 | 3.849*** | 0.49 |
| Bull | 212 | 37.12*** | 18.22 | 28.24*** | 15.82 | 54.37*** | 27.88 |
| Residuals | 27 158 | | 65.89 | | 78.22 | | 63.09 |

Note: ** P < 0,01; *** P < 0,001.

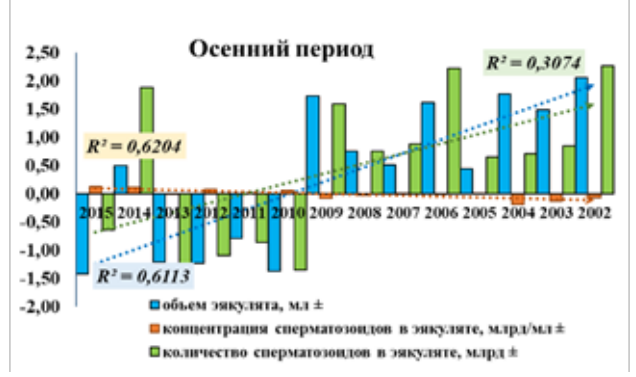
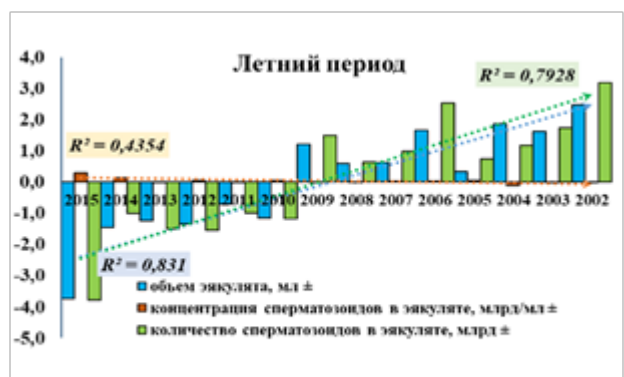


Рис. 3. Изменение величины количественных показателей спермопродукции, выраженных в отклонениях от средней по группе быков-производителей, в зависимости от сезона года и года рождения

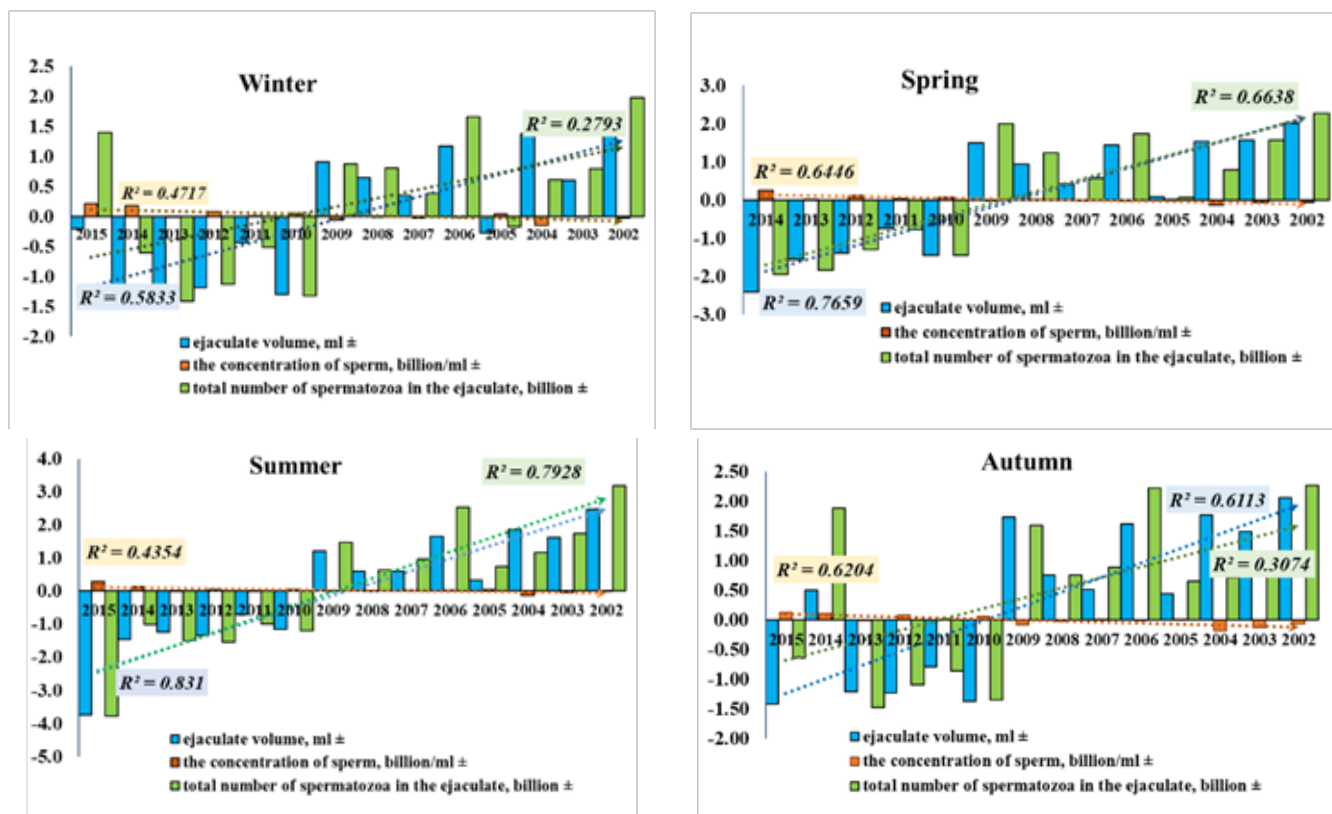


Fig. 3. Changes in the value of quantitative indicators of sperm production, expressed in deviations from the average for the group of bulls, depending on the season of the year and the year of birth

Причем наивысший показатель R^2 отмечен в весенний и летний периоды по объему эякулята – 0,77 и 0,83; по количеству сперматозоидов в эякуляте – 0,66 и 0,79 соответственно. Наивысший показатель R^2 концентрации сперматозоидов в 1 мл отмечен в весенний и осенний периоды – 0,64 и 0,62 соответственно. Это указывает на то, что сезон года оказывает влияние на изменение количественных показателей спермопродукции.

Следует отметить, что объем эякулята возрастал в течение всего периода использования производителей с максимальными приростами значений показателей в промежутке с 2 до 6–7 лет (+19 % к 3 годам и далее +4,5–7 % ежегодно до 7 лет) и увеличился почти в 1,7 раза к 10 годам и почти в 2 раза к 13 годам. Количество сперматозоидов в эякуляте также планомерно увеличивалось в течение производственного использования быков-производителей с максимальными приростами значений показателей в возрасте с 3 до 6–7 лет (+17,3 % к 3 годам до 8,63 млрд и далее + 4,1–6,6 % к 6–7 годам до 10,8 млрд), далее интенсивность увеличения составила +1,3...+4 %. Концентрация сперматозоидов в 1 мл является важным показателем и была в среднем по всем возрастным группам 1,35 млрд/мл. Высокий показатель концентрации был в возрасте 2–3 лет – 1,44 млрд/мл, с дальнейшим снижением значения показателя на 4 % до 1,38 млрд/мл и стабилизацией до 6-летнего возраста. Далее значение показателя снижается в среднем на 1,4–3 % (рис. 4).

Для того чтобы понять, имеет ли существенное влияние факторы возраста животных (год рождения) и сезон года на изменение показателей собственной продуктивности быков-производителей был проведен дисперсион-

ный анализ (таблица 2). Оба фактора высоко достоверно оказывают влияние на показатели объем эякулята. В наибольшей степени влияние оказывает фактор год рождения быка производителя: объем эякулята – 14,94 %; количество сперматозоидов в эякуляте и их концентрация – 8,53 и 4,51 % соответственно.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Анализ данных проведенных исследований показал, значение показателей объема эякулята и общего количества сперматозоидов в эякуляте более вариабельны ($Cv = 40,86–42,23\%$) и в наибольшей степени подвержены влиянию негенетических факторов.

Независимо от сезона года показатели объема эякулята и общего количества сперматозоидов в эякуляте увеличиваются с возрастом, а концентрация сперматозоидов в 1 мл снижается. В весенний и летний период 77–83 % и 66–79 % наблюдений имели высокие значения объема эякулята и количества сперматозоидов в эякуляте. В весенний и осенний периоды 62–64 % наблюдений имели высокие значения показатели концентрации сперматозоидов в эякуляте.

Факторы сезон года, возраст быка-производителя (год рождения) и сам бык-производитель высоко достоверно оказывают влияние на значение показателей собственной продуктивности быков-производителей. В наибольшей степени влияние оказывает фактор год рождения быка производителя и сам бык-производитель: объем эякулята – 14,94 и 18,22 %; количество сперматозоидов в эякуляте и их концентрация – 8,53–27,88 и 4,51–15,82 % соответственно.

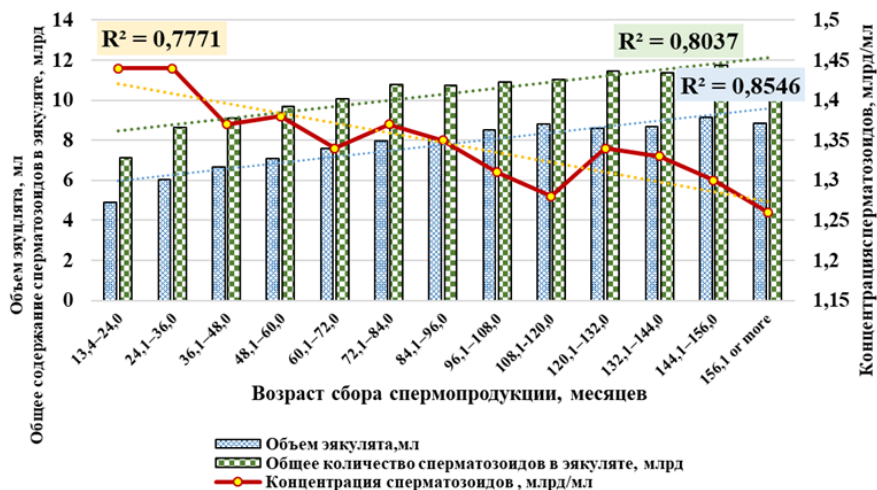


Рис. 4. Изменение показателей спермопродукции быков-производителей с возрастом

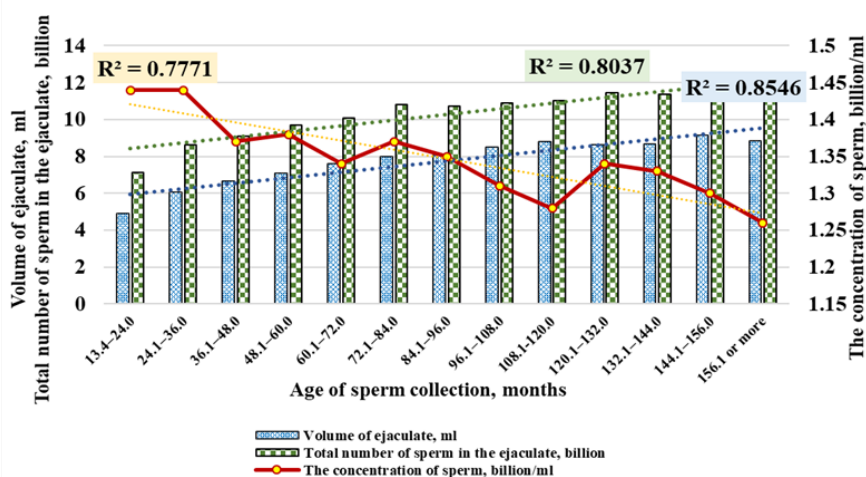


Fig. 4. Changes in sperm production indicators bulls with age

Благодарности (Acknowledgements)

Исследования выполнены по теме государственного задания Минобрнауки России, регистрационный номер № АААА-А18-118021590134-3.

Библиографический список

1. Сейдахметов Б. С., Мороз Т. А., Панферов В. В., Дунин М. И. Оценка оплодотворяющей способности спермы быков-производителей // Зоотехния. 2019. № 5. С. 12.
2. Борунова С. М., Иолчиев Б. С., Абрамов П. Н., Бадмаев О. Э., Таджиева А. В., Рибченко А. С. Эффективный метод определения целостности акросомы сперматозоида у быков-производителей // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2017. № 4. С. 29–34.
3. Шидловский А. В., Шелег И. А. Влияние возраста быков-производителей на показатели спермы в РУП «Витебское племпредприятие» // Актуальные вопросы сельскохозяйственного производства: материалы Международной научно-практической конференции студентов и магистрантов. 2019. С. 199–202.
4. Murphy E. M., Kelly A. K., O'Meara C., Eivers B., Lonergan P., Fair S. Influence of bull age, ejaculate number, and season of collection on semen production and sperm motility parameters in Holstein Friesian bulls in a commercial artificial insemination centre // Journal of Animal Science. 2018. Vol. 96. Pp. 2408–2418. DOI: 10.1093/jas/sky130.
5. Корнеев-Жилиев Ю. А. Физиологический и селекционный потенциал воспроизводительных функций крупного рогатого скота под влиянием эндогенных и экзогенных факторов: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.03.01, 06.02.07 / Юрий Алексеевич Корнеев-Жилиев. Место защиты: ФГБНУ ФНЦ ВИЖ им. Л. К. Эрнста. Дубровицы, 2019. 24 с.
6. Виноградова Н. Д., Падерина Р. В., Шляпина М. В. Биотехнологические показатели качества спермопродукции быков-производителей в ОАО «Невское» // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2015. № 39. С. 144–149.
7. Бойко Е. В., Коропец Л. А. Спермопродуктивность быков-производителей голштинской породы // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2015. № 3-2. С. 4–8.
8. Четвертакова Е. В. Научно-практическое обоснование методов контроля при совершенствовании генофонда крупного рогатого скота Красноярского края: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.02.07 / Елена Викторовна Четвертакова. Место защиты: Красноярский государственный аграрный университет. Красноярск, 2015. 32 с.

9. Bharath Kumar B. S., Pandita S., Sharma A., Jadhav V. Regulation of postnatal development of testes and its association with puberty and fertility // *Agricultural Review*. 2015. Vol. 36. Iss. 4. Pp. 339–344. DOI: 10.18805/ag.v36i4.6671.
10. Sabés-Alsina M., Lundeheim N., Johannisson A., López-Béjar M., Morrell M. J. Relationships between climate and sperm quality in dairy bull semen: A retrospective analysis // *Journal of Dairy Science*. 2019. Vol. 102. No. 6. Pp. 5623–5633. DOI: 10.3168/jds.2018-15837.
11. Искандаров Д. В., Багманов М. А., Юсупов С. Р. Породные и сезонно-возрастные особенности качества спермы быков-производителей в ГУП УР «Можгаплем» // *Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана*. 2015. Т. 222 (2). С. 110–115.
12. Голубков А. И., Аджигбеков В. К., Голубков А. А., Мирвалиев Ф. С., Шадрин С. В., Четвертакова Е. В., Попов Ф. В., Сиротинин Е. Г. Воспроизводительная способность быков-спермодоноров разного генеза // *Вестник КрасГАУ*. 2018. № 4. С. 86–93.
13. Malama E., Zeron Y., Janett F., Siuda M., Roth Z., Bollwein H. Use of computer-assisted sperm analysis and flow cytometry to detect seasonal variations of bovine semen quality // *Theriogenology*. 2017. Vol. 87. Pp. 79–90.
14. Staub C., Johnson L. Review: Spermatogenesis in the bull // *Animal*. 2018. Vol. 12:S1. Pp. 27–35. DOI: 10.1017/S1751731118000435.
15. Rahman B. M., Schellander K., Llamas N., Van Soom A. Heat stress responses in spermatozoa: Mechanisms and consequences for cattle fertility // *Theriogenology*. 2018. Vol. 113. Pp. 102–112. DOI: 10.1016/j.theriogenology.2018.02.012.
16. Абилов А. И., Амерханов Х. А., Корнеенко-Жилиев Ю. А., Пыжова Е. А., Комбарова Н. А., Виноградова И. В., Ёе Э.-Х. Качественные и количественные показатели семени у быков-производителей в зависимости от атмосферного давления в день взятия эякулятов // *Сельскохозяйственная биология*. 2017. Т. 52. № 2. С. 314–322. DOI: 10.15389/agrobiology.2017.2.314rus.

Об авторах:

Елена Николаевна Нарышкина¹, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, ORCID 0000-0002-3421-1653, AuthorID 172436; *selection.76@mail.ru*

¹ Федеральное исследовательское учреждение животноводства – ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста, Дубровицы, Россия

Changes in the indicators of own productivity of Holstein bulls depending on the season and age

E. N. Naryshkina¹✉

¹ Federal Science Center for Animal Husbandry – All-Russian Research Institute of Animal Husbandry named after academician L. K. Ernst, Dubrovitsy, Russia

✉ *E-mail: selection.76@mail.ru*

Abstract. Purpose of research. To estimate the impact of the season and age of the breeding bulls during the period of sperm collection on the main indicators of the own productivity of Holstein bulls. In studies of these indicators and productivity 229 bulls of Holstein breed have studied the effect of age (year of birth), season of the year, as well as the degree of influence of these factors on the value of indicators of productivity of bulls. **Methods.** Data on the main indicators of own productivity of breeding bulls are analyzed: the volume of ejaculate, the amount and concentration of spermatozoa in 1 ml. The research results were classified by season: winter, spring, summer, and autumn. The values of quantitative indicators of sperm production are given as deviations from the average value for the sample. Statistical analysis was performed using a boxplot diagram with average values and standard deviation ($\pm\sigma$) applied to it. The analysis of variance was performed using the following statistical model: $y_{ijk} = \mu + \text{age}_j + \text{season}_k + e_{ijk} + s_i$. Fischer's *F*-test was used to check the significance. **Results.** Regardless of the season, the values of the ejaculate volume and the total number of sperm in the ejaculate increase with age, and the concentration of sperm in 1 ml decreases. In the spring and summer period, 77–83 % and 66–79 % of observations had high values of the indicator volume of ejaculate and the number of spermatozoa in the ejaculate. In the spring and autumn periods, 62–64 % of observations had high values of sperm concentration in the ejaculate. The year of birth of the producer bull and the producer bull itself have a high degree of influence on the indicators of their own productivity: the volume of ejaculate – 14.94 and 18.22 %; the number of sperm in the ejaculate and their concentration – 8.53–27.88 and 4.51–15.82 %, respectively. **Scientific novelty.** The data obtained on the influence factors of season, age of the bull—the manufacturer's figures for their own productivity.

Keywords: bull, sperm production, volume of ejaculate, season of the year, age of the bull.

For citation: Naryshkina E. N. *Izmenenie pokazateley sobstvennoy produktivnosti bykov-proizvoditeley golshtinskoj porody v zavisimosti ot sezona goda i vozrasta* [Changes in the indicators of own productivity of Holstein bulls depending on the season and age] // *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2020. Special issue "Biology and biotechnologies". Pp. 40–48. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-14-40-48. (In Russian.)

Paper submitted: 25.10.2020.

References

1. Seydakhmetov B. S., Moroz T. A., Panferov V. V., Dunin M. I. Otsenka oplodotvoryayushchey sposobnosti spermy bykov-proizvoditeley [Evaluation of the fertilizing capacity of the sperm of breeding bulls] // Zootechniya. 2019. No. 5. P. 12. (In Russian.)
2. Borunova S. M., Iolchiev B. S., Abramov P. N., Badmaev O. E., Tadzhiyeva A. V., Ribchenko A. S., Effektivnyy metod opredeleniya tselostnosti akroso-my spermatozoida u bykov-proizvoditeley [An effective method for determining the integrity of the sperm acrosome in breeding bulls] // Veterinary, Zootechnics and Biotechnology. 2017. No. 4. Pp. 29–34. (In Russian.)
3. Shidlovskiy A. V., Sheleg I. A. Vliyanie vozrasta bykov-proizvoditeley na pokazateli spermy v RUP “Vitebskoe plem-predpriyatie” [Influence of the age of bulls-producers on sperm indicators in RUE “Vitebsk plempredpriyatie”] // Aktual’nye voprosy sel’skokhozyaystvennogo proizvodstva: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii studentov i magistrantov. 2019. Pp. 199–202. (In Russian.)
4. Murphy E. M., Kelly A. K., O’Meara C., Eivers B., Lonergan P., Fair S. Influence of bull age, ejaculate number, and season of collection on semen production and sperm motility parameters in Holstein Friesian bulls in a commercial artificial insemination centre // Journal of Animal Science. 2018. Vol. 96. Pp. 2408–2418. DOI: 10.1093/jas/sky130.
5. Korneenko-Zhilyaev Yu. A. Fiziologicheskoy i selektsionnyy potentsial vosproizvoditel’nykh funktsiy krupnogo rogatogo skota pod vliyaniem endogennykh i ekzogennykh faktorov: avtoref. dis. ... kand. boil. nauk [Physiological and selection potential of reproductive functions of cattle under the influence of endogenous and exogenous factors: abstract of the dissertation ... candidate of biological sciences: 03.03.01, 06.02.07] / Yuriy A. Korneenko-Zhilyaev. Place of protection: L. K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry]. Dubrovitsy, 2019. 24 p. (In Russian.)
6. Vinogradova N. D., Paderina R. V., Shlyapina M. V. Biotekhnologicheskies pokazateli kachestva spermoproduktsii bykov-proizvoditeley v OAO “Nevskoe” [Biotechnological indicators of the quality of sperm production of bulls in JSC “Nevskoe”] // Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2015. No. 39. Pp. 144–149. (In Russian.)
7. Boyko E. V., Koropets L. A. Spermoproduktivnost’ bykov-proizvoditeley golshtinskoy porody [Sperm productivity of bulls-producers of Holstein breed] // Vestnik Bryanskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii. 2015. No. 3-2. Pp. 4–8. (In Russian.)
8. Chetvertakova E. V. Nauchno-prakticheskoe obosnovanie metodov kontrolya pri sovershenstvovanii genofonda krupnogo rogatogo skota Krasnoyarskogo kraya: avtoref. dis. ... d-ra s.-kh. nauk [Scientific and practical justification of control methods for improving the gene pool of cattle in the Krasnoyarsk territory: abstract of the dissertation ... doctor of agricultural sciences: 06.02.07 / Elena V. Chetvertakova. Place of protection: Krasnoyarsk State Agrarian University. Krasnoyarsk, 2015. 32 p. (In Russian.)
9. Bharath Kumar B. S., Pandita S., Sharma A., Jadhav V. Regulation of postnatal development of testes and its association with puberty and fertility // Agricultural Review. 2015. Vol. 36. Iss. 4. Pp. 339–344. DOI: 10.18805/ag.v36i4.6671.
10. Sabés-Alsina M., Lundeheim N., Johannisson A., López-Béjar M., Morrell M. J. Relationships between climate and sperm quality in dairy bull semen: A retrospective analysis // Journal of Dairy Science. 2019. Vol. 102. No. 6. Pp. 5623–5633. DOI: 10.3168/jds.2018-15837.
11. Iskandarov D. V., Bagmanov M. A., Yusupov S. R. Porodnye i sezonno-voznrastnye osobennosti kachestva spermy bykov-proizvoditeley v GUP UR “Mozhgaplem” [Pedigree and seasonal-age features of the quality of sperm of bulls-producers in the state unitary enterprise “Mozhgaplem”] // Uchenye zapiski Kazanskoy gosudarstvennoy akademii veterinarnoy meditsiny im. N. E. Bauman. 2015. Vol. 222 (2). Pp. 110–115. (In Russian.)
12. Golubkov A. I., Adzhibekov V. K., Golubkov A. A., Mirvaliev F. S., Shadrin S. V., Chetvertakova E. V., Popov F. V., Siro-tinin E. G. Vosproizvoditel’naya sposobnost’ bykov-spermodonorov raznogo geneza [Reproductive ability of bulls of different origins spermogonial] // The Bulletin Of KrasGAU. 2018. No. 4. Pp. 86–93. (In Russian.)
13. Malama E., Zeron Y., Janett F., Siuda M., Roth Z., Bollwein H. Use of computer-assisted sperm analysis and flow cytometry to detect seasonal variations of bovine semen quality // Theriogenology. 2017. Vol. 87. Pp. 79–90.
14. Staub C., Johnson L. Review: Spermatogenesis in the bull // Animal. 2018. Vol. 12:S1. Pp. 27–35. DOI: 10.1017/S1751731118000435.
15. Rahman B. M., Schellander K., Llamas N., Van Soom A. Heat stress responses in spermatozoa: Mechanisms and consequences for cattle fertility // Theriogenology. 2018. Vol. 113. Pp. 102–112. DOI: 10.1016/j.theriogenology.2018.02.012.
16. Abilov A. I., Amerkhanov Kh. A., Korneenko-Zhilyaev Yu. A., Pyzhova E. A., Kombarova N. A., Vinogradova I. V., Ye E.-Kh. Kachestvennyye i kolichestvennyye pokazateli semeni u bykov-proizvoditeley v zavisimosti ot atmosfernogo davleniya v den’ vzyatiya eyakulyatov [Qualitative and quantitative indicators of semen in breeding bulls depending on atmospheric pressure on the day of taking ejaculates] // Agricultural biology. 2017. Vol. 52. No. 2. Pp. 314–322. DOI: 10.15389/agrobiol.2017.2.314rus. (In Russian.)

Authors’ information

Elena N. Naryshkina¹, candidate of agricultural sciences, senior researcher, ORCID 0000-0002-3421-1653, AuthorID 172436; selection.76@mail.ru

¹ Federal Science Center for Animal Husbandry – All-Russian Research Institute of Animal Husbandry named after academician L. K. Ernst, Dubrovitsy, Russia

Актуальные вопросы выращивания племенных петухов кросса Хайсекс Браун

О. П. Неверова¹, О. В. Горелик¹, Н. Л. Лопаева¹✉

¹Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

✉ E-mail: Lopaeva77@mail.ru

Аннотация. Птицеводство – одна из наиболее интенсивных и динамичных отраслей сельскохозяйственного производства, это авангардная отрасль не только в животноводстве, но и во всем сельском хозяйстве. По концентрации производства на небольших земельных площадях, механизации, автоматизации и компьютеризации почти всех производственных процессов эта отрасль ушла далеко вперед по сравнению с другими отраслями АПК. Это одна из важнейших и перспективных отраслей сельского хозяйства, занимающая ведущее положение в России и в большинстве стран мира. Птицеводческая отрасль в России имеет существенные перспективы развития отечественного производства мяса птицы и яиц. Главная цель разведения сельскохозяйственной птицы – это получение высокопитательных и диетических пищевых продуктов: мяса и яиц. Дополнением к этому являются пух и перо. В РФ оптимальным решением продовольственной проблемы и полноценного питания населения является развитие яичного птицеводства, так как потребность населения в свежих яйцах и продуктах его переработки достаточно высока. Огромное значение отводится племенному разведению птицы. Именно племенное значение каждого петуха очень велико. **Цель работы** заключается в изучении направленного выращивания петухов-производителей и содержания их в период племенного использования, так как это напрямую влияет на качество инкубационных яиц и получаемого потомства. **Новизна** состоит в том, что проведены комплексные исследования по влиянию возрастной бонитировки на племенные качества петухов в условиях Свердловской области. **Методы.** Применялись общепринятые зоотехнические, статистические методы исследований. **Результаты.** Разработанные методы повышения воспроизводительных способностей самцов (в частности, оценка и отбор их по общему развитию, живому весу, развитию репродуктивных органов и вторичных половых признаков, а также по половой активности и качеству спермопродукции) дают возможность повысить качество получаемой продукции и экономическую эффективность производства.

Ключевые слова: птицеводство, племенные петухи, выращивание петухов, инкубационные свойства, яйцо.

Для цитирования: Неверова О. П., Горелик О. В., Лопаева Н. Л. Актуальные вопросы выращивания племенных петухов кросса Хайсекс Браун // Аграрный вестник Урала. 2020. Специальный выпуск «Биология и биотехнологии». С. 49–55. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-14-49-55.

Дата поступления статьи: 09.11.2020.

Постановка проблемы (Introduction)

Продуктивность птицы и валовое производство продуктов птицеводства в большей мере зависят от качества племенной птицы, на базе которой создаются стада хозяйств, производящих товарную продукцию. Поэтому организация и проведение племенной работы с птицей – это фундамент для роста промышленного птицеводства. Более полное использование генетического потенциала птицы позволит обеспечить рост ее продуктивности, улучшить качество и увеличить выход продукции в расчете на каждую единицу затраченного труда, кормов, площади помещения [1, с. 37], [9, с. 37], [7, с. 124].

За последние годы произошли качественные изменения в яичном и мясном производстве. Создан генетический потенциал высокопродуктивной птицы, внедрены в производство новые эффективные технологии содержания ремонтного молодняка и родительского стада, откорма, ресурсосберегающие технологии, режимы кормления и средства механизации и автоматизации технологических процессов [11, с. 23], [6, с. 350].

Искусственное осеменение получило широкое распространение как способ воспроизводства племенной птицы при клеточном содержании кур. Применение его необходимо также при физической несовместимости полов, т. к. при селекции отцовских линий по скорости роста у петухов должны быть широкую грудь, а в некоторых линиях и удлиненный киль. Эти особенности экстерьера затрудняют процесс спаривания, что является одной из причин низкой оплодотворяющей способности петухов и, как следствие, снижения оплодотворенности яиц [2, с. 300], [12, с. 128].

Методология и методы исследования (Methods)

Цель исследований заключается в изучении воспроизводительных качеств петухов с суточного возраста до конца эксплуатации на примере птицы кросса Хайсекс Браун.

Задачи:

1. Охарактеризовать продуктивные показатели кросса Хайсекс Браун.
2. Изучить технологию выращивания петушков.
3. Дать оценку воспроизводительным качествам петухов.

Результаты (Results)

Кросс Хайсекс Браун компании ISA Hendrix Genetics является признанным мировым лидером птицы яичного направления продуктивности.

Работа с кроссом Хайсекс Браун началась еще в 1986 году на основе долгосрочных контрактов с голландской компанией ISA Hendrix Genetics. И на сегодняшний день генетики компании ISA Hendrix Genetics уверяют, что обыкновенная несушка без линьки будет давать 500 яиц. Для этого в компании есть уникальная статистическая программа G-BLUP, которая в два раза ускорила селекцию. Программа оперирует 100 млн измерений продуктивности и 65 млн других параметров от 2,7 млн голов в 15 поколениях. Обработка данных – это лишь верхушка айсберга. Система сбора и анализа образцов гораздо сложнее и дороже. Компания ежемесячно отправляет десятки тысяч проб крови в исследовательский центр «Биобанк»

во французском Орлеане. Там они обрабатываются уникальными роботами и далее хранятся при температуре –80 °С. После выделения из образцов ДНК особи исследуется на наличие маркеров в лабораториях университетов Эдмонтона, Монреаля и Барселоны. Этот метод позволяет уже в раннем возрасте безошибочно отобрать «кандидатов» для дальнейшей селекции. Кроме того, он дает возможность оценивать петухов по параметрам продуктивности их будущих дочерей, что раньше можно было сделать только наугад. Способ значительно ускоряет генетический прогресс и удешевляет селекцию: расшифровка ДНК-чипа стоит от 40 до 180 евро, а традиционные выращивание и проверка по потомству одного петуха – 280 евро. Отбор проводится точнее, значительно сокращается селекционное давление [4, с. 6],

Получение финального гибрида птицы кросса Хайсекс Браун представлено на рис. 1.

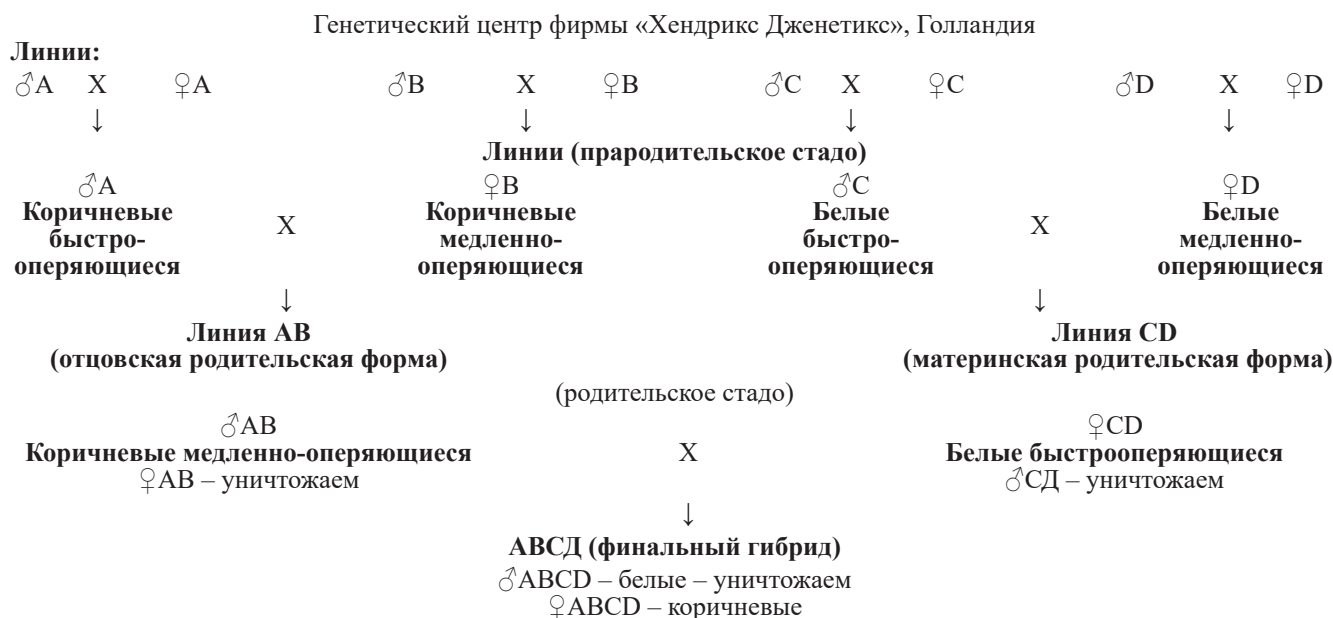


Рис. 1. Схема скрещивания (получения) кросса «Хайсекс Браун» родительское стадо и финальный гибрид

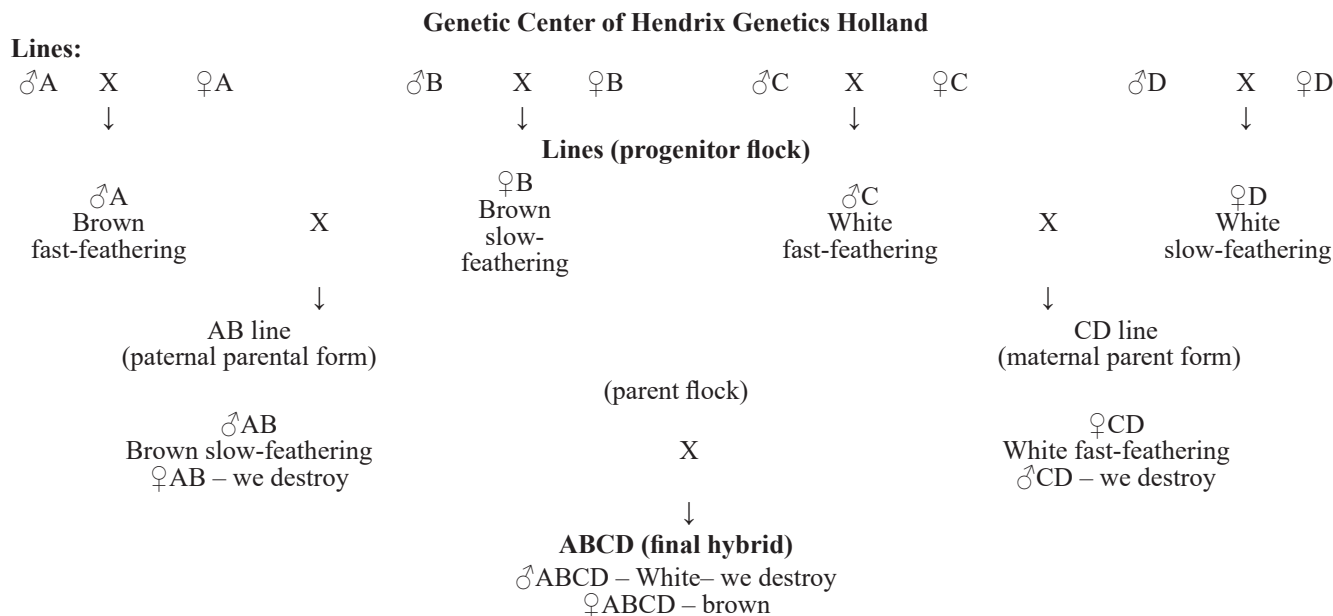


Fig. 1. The scheme of crossing (obtaining) of the cross “Hisex Brown” parent stock and the final hybrid

Кросс четырехлинейный, яичного направления, цвет скорлупы коричневый, родительские формы сексируются (сортируются) по скорости роста перьев крыла в суточном возрасте. Быстрооперяющиеся курочки, медленнооперяющиеся петушки, финальный гибрид сексируется по цвету пуха суточного молодняка [3, с. 89], [4, с. 10].

Результаты исследования показывают, что строгое соблюдение скрещивания ♂AB × ♀CD дает аутосексный по скорости роста перьев в суточном возрасте финальный гибрид. При всех других сочетаниях аутосексность не работает, и пол цыпленка можно определить только японским методом. Поэтому для сортировки цыплят по форме и по скорости роста перьев крыла используют визуальный метод.

Отцовской родительской формы АВ суточные цыплята коричневые, материнской родительской формы CD – белые. При скрещивании петушков отцовской формы АВ с курами материнской формы CD получается финальный гибрид, аутосексный по цвету пуха в суточном возрасте (рис. 5).

Курочки – явно коричневые и преимущественно коричневого окраса с белыми полосами на спине, а также с коричневой головой, вокруг глаз и у основания головы окраска коричневая.

Петушки преимущественно явно светло-желтые, а также желтые с 4 узкими коричневыми полосами на спине либо с короткими коричневыми полосами, на голове вокруг глаз окраска светлая.

Точность сексирования суточного молодняка родительских форм и финального гибрида составляет 98–99 %. Необходимо строго соблюдать схему скрещивания.

Проведение фенотипической оценки суточного молодняка родительских форм позволяет поддерживать высокую точности сексирования финального гибрида. Для использования следует оставлять только **быстрооперяющихся петушков АВ и медленнооперяющихся курочек CD**. Сомнительных цыплят необходимо уничтожать в суточном возрасте.

Технология выращивания петухов кросса Хайсекс Браун

В технологию выращивания петухов входят вопросы содержания, поения, создание микроклимата и кормления по периодам выращивания.

Группа взрослых петухов формируется в 150-дневном возрасте. Технология выращивания племенных петушков в этом возрасте значительно отличается от технологии выращивания курочек. Достаточно высокая интенсивность роста петушков, ярко выраженный половой диморфизм, склонность к драчливости, медленное половое созревание, вынужденная преждевременная выбраковка и другие особенности их роста и развития требуют иных условий содержания и кормления. Племенные петушки в этом возрасте легко приспосабливаются к окружающей среде. Петухи содержатся в индивидуальных клетках с насестами, в верхних ярусах батарей, высота клеток должна быть не менее 65 см.

Таблица 1
Сексирование кросса Хайсекс Браун (2018–2020 гг.)

| Исходные линии и прародительские формы | | Способ сексирования |
|--|--------------------------------|--------------------------------|
| ♂A, ♀A | Коричневые быстрооперяющиеся | |
| ♂B, ♀B | Коричневые медленнооперяющиеся | |
| ♂C, ♀C | Белые быстрооперяющиеся | |
| ♂D, ♀D | Белые медленнооперяющиеся | |
| Родительские формы | | |
| ♂AB | Коричневые медленнооперяющиеся | По скорости роста перьев крыла |
| ♀AB | Коричневые быстрооперяющиеся | |
| ♂CD | Белые медленнооперяющиеся | |
| ♀CD | Белые быстрооперяющиеся | |
| Финальный гибрид | | |
| ♂ABCD | Белые | По цвету пуха |
| ♀ABCD | Коричневые | |

Table 1
Sexing of cross "Hisex Brown" (2018–2020)

| Original lines and ancestral forms | | Sexing method |
|------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------|
| ♂A, ♀A | Brown fast-feathering | |
| ♂B, ♀B | Brown slow-feathering | |
| ♂C, ♀C | White fast-feathering | |
| ♂D, ♀D | White slow-feathering | |
| Parent forms | | |
| ♂AB | Brown slow-feathering | By the growth rate of wing feathers |
| ♀AB | Brown fast-feathering | |
| ♂CD | White slow-feathering | |
| ♀CD | White fast-feathering | |
| Final hybrid | | |
| ♂ABCD | White | By color of down |
| ♀ABCD | Brown | |

Минимальное постоянное сообщество племенных петушков в группе – залог успешного выращивания высококачественных производителей. Племенные петухи уже полностью обладают терморегуляцией своего организма и, следовательно, легко переносят в пределах норм изменения окружающей температуры. [13, с. 100],

Оценка и отбор племенных петухов кросса Хайсекс Браун

Племенное значение каждого петуха очень велико. Следовательно, проблемы направленного выращивания петухов-производителей и содержания их в период племенного использования являются очень важными [14, с. 87].

В связи с этим особое значение приобретает разработка методов повышения воспроизводительных способностей самцов, в частности, оценка и отбор их по общему развитию, живому весу, развитию репродуктивных органов и вторичных половых признаков, а также по половой активности и качеству спермопродукции.

Петушков для племенных целей отбирают в суточном возрасте из числа кондиционных цыплят первой категории первых 6–9 часов вывода, по живому весу, оперению, состоянию костяка, объему живота и подвижности. Оценку племенного молодняка кросса Хайсекс Браун проводят в возрасте 21 день (при рассадке поголовья). Оценивают живой вес, в этом возрасте должен он быть не менее 260–270 г, оперение блестящее, плюсны ног и клюв ярко окрашены, костяк крепкий, киль прямой.

Второй отбор петушков для племенных целей проводится в 50–60 дней жизни. При этом обращают особое внимание на хорошее развитие вторичных половых признаков, т. е. сережек, хорошее развитие грудной мускулатуры, мышц голени, ноги и пальцы прямые, оперение должно быть чистым, плотным и блестящим, клюв и плюсны хорошо пигментированы. Ощупывается киль грудной кости петушков; он должен быть прямым, ровным, а не изогнутым, что является результатом неправильного кормления или содержания птицы [3], [5].

Живой вес петушков в этом возрасте должен быть не менее 640–700 г. Все петушки с низким живым весом, искривленным килем выбраковываются.

Третий отбор и оценку проводят в 90–100 дней. Живой вес их в этом возрасте должен быть не менее 1600–1700 г. Должны быть хорошо развиты костяк и грудные мышцы. При отборе обращается внимание на состояние строения головы – голова должна быть «петушиная», а не узкая «воронья». Грудь хорошо развита, туловище удлиненное, спина прямая, ноги прямо поставлены без искривлений с яркой пигментацией плюсны, четко выражены вторичные половые признаки (гребень, сережки), оперение.

Четвертый отбор петухов для племенных целей проводится в возрасте 5,5–6 месяцев. Живой вес петухов в этом возрасте должен быть не менее 2 кг. Должны быть хорошо развита грудь, крепкий костяк, прямой киль, ярко окрашенный гребень, сережки должны быть одинаковыми (что указывает на развитие семенников), ноги и пальцы ног прямые.

Наибольший рост репродуктивных органов и вторичных половых признаков приходится на период наиболее активного сперматогенеза, т. е. в возрасте 150–180 дней. Чем выше уровень сперматогенеза, тем выше вес семенников и лучше развиты вторичные половые признаки. У хорошо развитых и здоровых племенных петухов содержание гемоглобина в крови находится в пределах 60–70 %.

Оценка воспроизводительных качеств петухов при естественном спаривании

При естественном спаривании птица размещается в трехъярусных клетках, где применяется совместное содержание кур и петухов – одна клетка рассчитана на содержание 29 кур и 3–4 петухов. Клеточные батареи оснащены бункерной системой кормления. Фронт кормления составляет 11,4 см/гол. Используется ниппельная система поения.

Таблица 2
Производственные показатели кросса Хайсекс Браун (2018–2020 гг.)

| Показатель | Искусственное осеменение | Естественное спаривание | +/- |
|---|--------------------------|-------------------------|------|
| Оплодотворенность, % | 97 | 95 | 2 |
| Живая масса на начальный вес, г | 33,4 | 33,5 | 0,1 |
| Живая масса при переводе во взрослое поголовье, г | 1876 | 1876 | – |
| Период выращивания – 16 недель, г | 112 | 112 | – |
| Среднесуточный прирост, г | 16,45 | 16,45 | – |
| Нагрузка на 1 петуха, гол. | 21,2 | 7,2 | –14 |
| Затраты корма на ед. прод. (10 шт. яйца), руб. | 1,27 | 1,42 | 0,15 |

Table 2
Production indicators of the cross “Hisex Brown” (2018–2020)

| Indicator | Artificialin semination | Natural pairing | +/- |
|--|-------------------------|-----------------|------|
| Fertility, % | 97 | 95 | 2 |
| Live weight at starting weight, g | 33.4 | 33.5 | 0.1 |
| Live weight when transferred to an adult herd, g | 1876 | 1876 | – |
| Growing period – 16 weeks, g | 112 | 112 | – |
| Average daily gain, g | 16.45 | 16.45 | – |
| Load for 1 cock, heads | 21.2 | 7.2 | –14 |
| Feed costs per unit prod (10 pcs. eggs), rub. | 1.27 | 1.42 | 0.15 |

Петухи становятся пригодными для спаривания в возрасте 28 недель. Методика комплектования родительского стада следующая: сначала засаживаются петухи, а через 2–3 дня к ним подсаживаются куры. Это позволяет петухам занять главенствующую позицию [5].

Условия выращивания и содержания племенных петухов являются очень важным фактором рентабельной работы предприятия и получения высококачественного потомства. Воспроизводительные качества петухов играют огромную роль в получении здорового, высокопродуктивного потомства. Поэтому одним из важных критериев оценки петухов является их воспроизводительная способность как при искусственном, так и при естественном способе осеменения птицы.

Искусственное осеменение получило широкое распространение как способ воспроизводства племенной птицы при клеточном содержании кур. Применение его необходимо также при физической несовместимости полов, т. к. при селекции отцовских линий по скорости роста петухи должны иметь широкую грудь, а в некоторых линиях и удлиненный киль. Эти особенности экстерьера затрудняют процесс спаривания, что является одной из причин низкой оплодотворяющей способности петухов и, как следствие, снижения оплодотворенности яиц.

Основным показателем, характеризующим воспроизводительные качества петухов при естественном спаривании, является оплодотворенность яиц. Яйца закладываются в термостат, в котором определяют их качество (оплодотворены или нет), т. е. начинают инкубировать, и уже на третьи сутки в желтке просматривается деление дисков, это дает возможность своевременно провести оценку воспроизводительных качеств петухов.

В результате анализа данных производственных показателей установлено, что уровень оплодотворенности яиц при искусственном осеменении выше на 2 %, чем при естественном. Исходя из полученных данных определено, что применение искусственного осеменения экономически целесообразней на 16,8 %.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Кросс Хайсекс Браун компании ISA Hendrix Genetics является признанным мировым лидером птицы яичного направления продуктивности. Яйценоскость за 68 недель жизни на начальную несушку составляет 327 шт. Сохранность птицы – 96–98 %. Уровень оплодотворенности яиц при искусственном осеменении выше на 2 %, чем при естественном.

Библиографический список

1. Бессарабов Б. Ф., Бондарев Э. И., Столяр Т. А. Птицеводство и технология производства яиц и мяса. СПб.: Издательство «Лань», 2016. 352 с.
2. Бондарев Э. И. Птицеводство для начинающих. М.: АСТ, 2015. 450 с.
3. Бондарев Э. И. Птицеводство для начинающих. Куры, индейки, перепела. М.: АСТ, 2016. 160 с.
4. Грачев А. К. [и др.]. Руководство по работе с птицей кросса Хайсекс Браун. ОАО ППЗ «Свердловский», 2017. 15с.
5. Мирось В. В. Основы птицеводства. Куры, утки, индюки, перепела. М.: Феникс, 2015. 256 с.
6. Рахманов А. И. Домашние гуси. Содержание и разведение. М.: Аквариум, 2016. 552 с.
7. Рахманов А. И. Домашняя птица. Содержание и разведение на приусадебном участке и в городских условиях. М.: Аквариум, 2016. 293 с.
8. Рахманов А. И. Домашние куры. Содержание и разведение. М.: Аквариум, 2016. 126 с.
9. Сергиенко Ю. В. ПРФ Куры. Разведение и уход (12+). М.: Высшая школа, 2015. 530 с.
10. Шмидт Х. Куры. 200 пород для разведения и выставок. Полный атлас. М.: Аквариум-Принт, Харвест, 2016. 192 с.
11. Седов Ю. Д. Здоровые куры. Что надо делать, чтобы куры не болели. Феникс, 2016. 64 с.
12. Лысенко В. П., Князев А. Ф. Технологическое оборудование птицеводческих хозяйств: учебное пособие. Москва: ЗооВетКнига, 2015. 428 с.
13. Lebedeva I. A., Novikova M. V. Alcification in organs of the reproductive system of broiler parent flocks // *Reproduction in domestic animals*. 2019. Vol. 54. No. S3. P. 116.
14. Lebedeva I. A., Novikova M. V., Markelova N. N. The influence of bacillus subtilis on reproductive indicators of chickens in the second phase of productivity // *Reproduction in domestic animals*. 2019. T. 54. No. S3. P. 117.
15. Gorelik O. V., Kharlap S. Yu., Lopaeva N. L., Bezghinar T. I., Kosilov V. I., Burkov P. V., Ivanova I. V., Gritsenko S. A., Dolmatova I. A., Tsareva O. Yu., Safronov S. I., Ali Shariati M., Rebezov M. B. Dynamics of hematological indicators of chickens under stress-inducing influence // *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020. Vol. 10 (2). Pp. 264–267. DOI: 10.15421/2020_942020.

Об авторах:

Ольга Петровна Неверова¹, кандидат биологических наук, доцент кафедры биотехнологии и пищевых продуктов, проректор по учебной и воспитательной работе, ORCID 0000-0002-2474-2290, AuthorID 393632

Ольга Васильевна Горелик¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры биотехнологии и пищевых продуктов, ORCID 0000-0002-9546-2069, AuthorID 878171

Надежда Леонидовна Лopaева¹, кандидат биологических наук, доцент кафедры биотехнологии и пищевых продуктов, ORCID 0000-0002-3825-7691, AuthorID 370158; Lopaeva77@mail.ru

¹ Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

Topical issues of raising breeding roosters of the Hisex Brown cross

O. P. Neverova¹, O. V. Gorelik¹, N. L. Lopaeva¹✉

¹ Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

✉ E-mail: Lopaeva77@mail.ru

Abstract. Poultry farming is one of the most intensive and dynamic branches of agricultural production, it is the vanguard industry not only in livestock, but in all agriculture. In terms of concentration of production on small land areas, mechanization, automation and computerization of almost all production processes, this industry has gone far ahead in comparison with other branches of the agro-industrial complex. This is the bottom of the most important and promising branches of agriculture, occupying a leading position in Russia and in most countries of the world. The poultry industry in Russia has significant prospects for the development of domestic production of poultry meat and eggs. The main purpose for which a person breeds poultry is to obtain highly nutritious and dietary food products: meat and eggs. This is complemented by down and feathers. In the Russian Federation, the optimal solution to the food problem and nutritious nutrition of the population is the development of poultry egg farming, since the population's demand for fresh eggs and products of its processing is quite high. Poultry breeding is of great importance. It is the breeding significance of each rooster that is very great. **The purpose** of the work is to study the directional rearing of brood roosters and their maintenance during the period of breeding. Since this directly affects the quality of hatching eggs and the resulting offspring. **The novelty** lies in the fact that comprehensive studies have been carried out on the influence of age bonitization on the breeding qualities of males in the Sverdlovsk region. **Methods.** The generally accepted zootechnical and statistical research methods were used. **Results.** The developed methods of increasing the reproductive abilities of males, in particular, their assessment and selection for general development, live weight, development of reproductive organs and secondary sexual characteristics, as well as for sexual activity and quality of sperm products, make it possible to improve the quality of the products obtained and the economic efficiency of production.

Keywords: poultry farming, breeding roosters, raising roosters, incubation properties, eggs.

For citation: Neverova O. P., Gorelik O. V., Lopaeva N. L. Aktual'nye voprosy vyrashchivaniya plemennykh petukhov krossa Khayseks Braun [Topical issues of raising breeding roosters of the Hisex Brown cross] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. Special issue "Biology and biotechnologies". Pp. 49–55. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-14-49-55. (In Russian.)

Paper submitted: 09.11.2020.

References

1. Bessarabov B. F., Bondarev E. I., Stollyar T. A. Ptitsevodstvo i tekhnologiya proizvodstva yaits i myasa [Poultry farming and technology for the production of eggs and meat]. Saint Petersburg: Publishing house "Lan", 2016. 352 p. (In Russian.)
2. Bondarev E. I. Ptitsevodstvo dlya nachinayushchikh [Poultry farming for beginners]. Moscow: AST, 2015. 450 p. (In Russian.)
3. Bondarev E. I. Ptitsevodstvo dlya nachinayushchikh. Kury, indeyki, perepela [Poultry farming for beginners. Chickens, turkeys, quails]. Moscow: AST, 2016. 160 p. (In Russian.)
4. Grachev A. K., et al. Rukovodstvo po rabote s ptitse krossa Khayseks Braun [Guide to working with a bird of the cross "Hisex Brown"]. Kashino: JSC PPZ "Sverdlovskiy", 2017. 15 p. (In Russian.)
5. Miros' V. V. Osnovy ptitsevodstva. Kury, utki, indyuki, perepela [Fundamentals of poultry farming. Chickens, ducks, turkeys, quails]. Moscow: Phoenix, 2015. 256 p. (In Russian.)
6. Rakhmanov A. I. Domashnie gusi. Soderzhanie i razvedenie [Domestic geese. Maintenance and breeding]. Moscow: Aquarium, 2016. 552 p. (In Russian.)
7. Rakhmanov A. I. Domashnyaya ptitsa. Soderzhanie i razvedenie na priusadebnom uchastke i v gorodskikh usloviyakh [Domestic bird. Maintenance and breeding on a personal plot and in urban conditions]. Moscow: Aquarium, 2016. 293 p. (In Russian.)
8. Rakhmanov A. I. Domashnie kury. Soderzhanie i razvedenie [Domestic chickens. Maintenance and breeding]. Moscow: Aquarium, 2016. 126 p. (In Russian.)
9. Sergienko Yu. V. PRF Kury. Razvedenie i ukhod (12+) [PRF Kury. Breeding and care (12+)]. Moscow: Vysshaya shkola, 2015. 530 p. (In Russian.)
10. Shmidt Kh. Kury. 200 porod dlya razvedeniya i vystavok. Polnyy atlas [Kura. 200 breeds for breeding and exhibitions. Complete atlas]. Moscow: Aquarium-Print, Harvest, 2016. 192 p. (In Russian.)
11. Sedov Yu. D. Zdorovye kury. Chto nado delat', chtoby kury ne boleli [Healthy chickens. What should be done so that the chickens do not get sick]. Moscow: Feniks, 2016. 64 p. (In Russian.)
12. Lysenko V. P., Knyazev A. F. Tekhnologicheskoe oborudovanie ptitsevodcheskikh khozyaystv: uchebnoe posobie. [Technological equipment for poultry farms: tutorial]. Moscow: ZooVetKniga, 2015. 428 p. (In Russian.)

13. Lebedeva I. A., Novikova M. V. Calcification in organs of the reproductive system of broiler parent flocks // *Reproduction in domestic animals*. 2019. Vol. 54. No. S3. P. 116.
14. Lebedeva I. A., Novikova M. V., Markelova N. N The influence of bacillus subtilis on reproductive indicators of chickens in the second phase of productivity // *Reproduction in domestic animals*. 2019. T. 54. No. S3. P. 117.
15. Gorelik O. V., Kharlap S. Yu., Lopaeva N. L., Bezhinar T. I., Kosilov V. I., Burkov P. V., Ivanova I. V., Gritsenko S. A., Dolmatova I. A., Tsareva O. Yu., Safronov S. I., Ali Shariati M., Rebezov M. B. Dynamics of hematological indicators of chickens under stress-inducing influence // *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020. Vol. 10 (2). Pp. 264–267. DOI: 10.15421/2020_942020.

Authors' information:

Olga P. Neverova¹, candidate of biological sciences, associate professor of the department of biotechnology and food products, vice-rector for academic and educational work, ORCID 0000-0002-2474-2290, AuthorID 393632

Olga V. Gorelik¹, doctor of agricultural sciences, professor of the department of biotechnology and food products, ORCID 0000-0002-9546-2069, AuthorID 878171

Nadezhda L. Lopaeva¹, candidate of biological sciences, associate professor of the department of biotechnology and food products, ORCID 0000-0002-3825-7691, AuthorID 370158; Lopaeva77@mail.ru

¹Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

Гидрохимическая характеристика и качество подземных вод Сосновского района Челябинской области для целей орошения

Д. Ю. Нохрин¹✉, Н. А. Давыдова¹

¹Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия

✉E-mail: nokhrin8@mail.ru

Аннотация. Цель исследования заключалась в оценке качества подземных вод, используемых для орошения индивидуальных участков жителей Сосновского района Челябинской области. **Материал:** 73 пробы, отобранные в колодцах и скважинах на территории частных земельных участков сел, коттеджных поселков и садовых некоммерческих товариществ. **Методы:** определены 30 показателей состава воды (общие показатели – 6, главные ионы и карбонат-ион – 8, соединения азота, фосфора и органическое вещество – 5, тяжелые металлы и кремний – 11) с использованием капиллярного электрофореза, атомной абсорбции, потенциометрии, спектрофотометрии и кондуктометрии. Статистический анализ включал расчет средних значений с 95-процентными доверительными интервалами (95 % ДИ), вычисленными бутстрепом (для цензурированных наблюдений использовался метод Каплана – Мейера), относительные частоты (в %) с 95 % ДИ (метод Джеффриса и одновременные ДИ по Уилсону). Данные визуализировали с использованием диаграмм Пайпера и Гиббса. Используемые программы: PAST, Scout 2008, R, DescTool, GW_Chart, KPlot, QGIS. **Результаты.** На территории Сосновского района Челябинской области преобладают гидрокарбонатные магниевые-кальциевые подземные воды с рН 7,39 (95 % ДИ: от 7,30 до 7,48) и минерализацией 651 мг/дм³ (95 % ДИ: от 598 до 720). С использованием диаграмм Пайпера и Гиббса установлено, что ведущими процессами формирования химического состава вод являются: 1) растворение минералов кальцит-доломитового ряда осадочных пород, 2) растворение и ионный обмен полевых шпатов в составе гранитов с кальцитом. По величине минерализации и рискам хлоридного засоления, натриевого осолонцевания, магниевое осолонцевания и содообразования доля проб воды I и II категории качества для целей орошения составляет 65,7 %. Имеются превышения нормативов по концентрации NO₃⁻ (24,7 % проб), Ва (68,3 %), Cd (30,4 %), Fe (15,3 %), Mn (12,9 %), Рь (6,3 %).

Ключевые слова: подземные воды, химический состав, диаграмма Пайпера, диаграмма Гиббса, гидрогеохимические процессы, орошение, качество.

Для цитирования: Нохрин Д. Ю., Давыдова Н. А. Гидрохимическая характеристика и качество подземных вод Сосновского района Челябинской области для целей орошения // Аграрный вестник Урала. 2020. Специальный выпуск «Биология и биотехнологии». С. 56–69. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-14-56-69.

Дата поступления статьи: 12.11.2020.

Постановка проблемы (Introduction)

В настоящее время в Российской Федерации темпы роста населения пригородных территорий опережают темпы роста городов-центров [1, с. 636], т. е. на фоне продолжающейся урбанизации с концентрированием населения в крупных городах и их пригородах наблюдается также и активный обратный процесс – субурбанизация (СУ). Она проявляется в оттоке населения из крупных городов в пригороды и имеет несколько видов. Сезонная дачная СУ является во многом наследием советского периода массового развития садоводства и огородничества, а также последующих кризисных периодов, когда широко доступные населению земельные участки выделялись под индивидуальные огороды для решения продовольственной проблемы [2, с. 103]. На текущий момент дачи остаются одним из главных сегментов пригородных

зон крупных городов, а переобустройство дач под круглогодичное проживание – значимым явлением в трансформации российских пригородов [1, с. 636]. В отличие от дачной, классическая СУ – это этап социально-экономического развития, характеризующийся ростом жизненного уровня, позволяющим населению иметь дом с участком на расстоянии от города, в экологически более привлекательном месте, но продолжать работать в городе [2, с. 103]. Она проявляется строительством загородных усадеб в прилегающих к городу селениях, а также пригородных коттеджных поселков.

В пригороде г. Челябинска СУ наиболее активно протекает в Сосновском районе Челябинской области, который лидирует по миграционному приросту населения [3, с. 273]. Это обусловлено особым положением района, который охватывает город сразу с трех сторон (рис. 1).

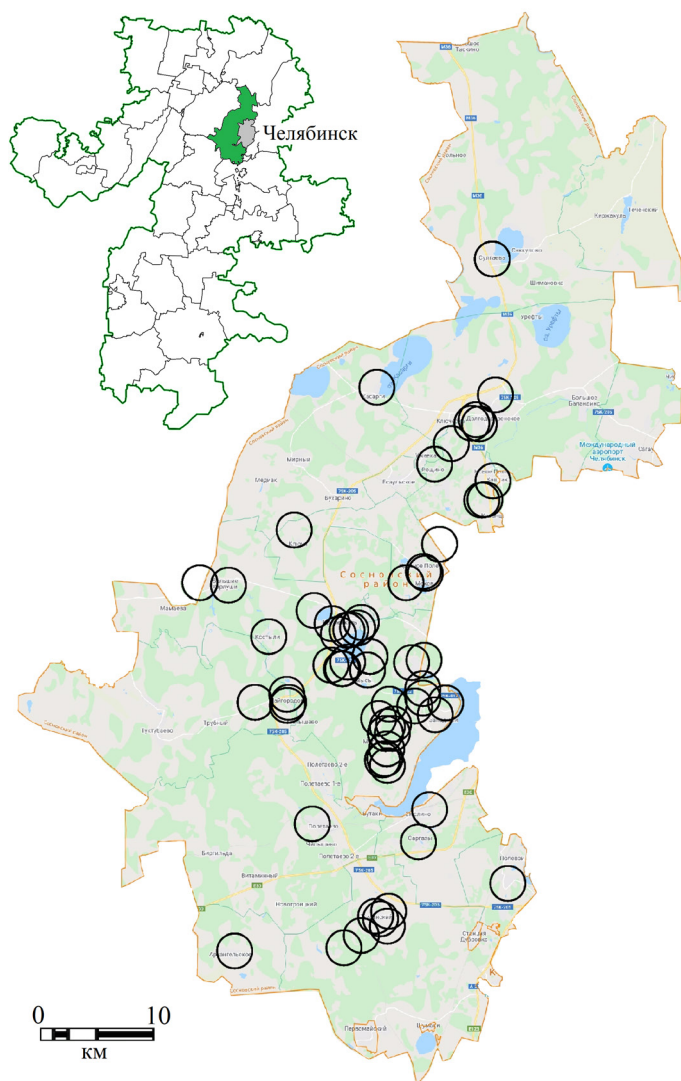


Рис. 1. Карта расположения точек отбора проб подземных вод в Сосновском районе Челябинской области

Протяженность территории района в направлении с севера на юг составляет 90 км, с запада на восток – 30 км. Общая земельная площадь района – 207 138 га, из которых 6,4 % – это земли промышленности, энергетики, транспорта и связи, 7,2 % – земли сельских поселений (16 шт.) и населенных пунктов (80 шт.), 27,2 % – земли лесного и водного фондов, а 58,7 % – земли сельскохозяйственного назначения [4]. При этом независимо от типа СУ новые жители пригорода сталкиваются с проблемой водоснабжения, которая зачастую решается бурением индивидуальных скважин. Качество подземной воды из них нуждается в исследовании, особенно с точки зрения возможности использования для полива участков, поскольку источниками питьевой воды могут быть бутилированная вода и подземная вода, прошедшая через системы комплексной очистки. Цель данной работы заключалась в оценке качества подземных вод, используемых для орошения индивидуальных участков жителей Сосновского района Челябинской области.

Методология и методы исследования (Methods)

Работа выполнена в ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН в рамках государственного задания Минобрнауки России и Программы ПФНИ государственных академий наук

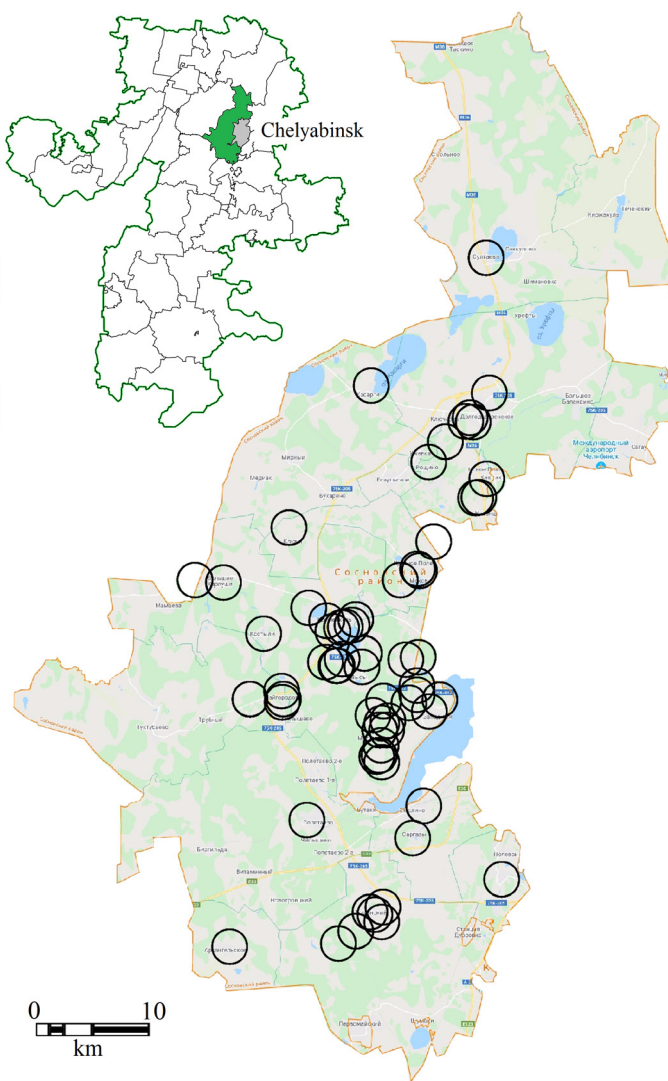


Fig. 1. Location map of groundwater sampling points in the Sosnovskiy district of the Chelyabinsk region

по направлению 151 «Теория и принципы разработки и формирования технологий возделывания экономически значимых сельскохозяйственных культур в целях конструирования высокопродуктивных агрофитоценозов и агроэкосистем». Отбор проб воды проводился ООО «Экспертный центр санитарно-экологического соответствия» в период с 23.04.2014 по 03.04.2018 г. в колодцах и скважинах на территории частных земельных участков сел, коттеджных поселков и садовых некоммерческих товариществ (рис. 1). Координаты объектов отслеживались по GPS-навигатору во время отбора проб или находились по предоставленным заказчиками адресам с помощью приложения «Карты Google». Пробы отбирались в пластиковую тару (1,5–2,0 л) и доставлялись в лабораторию.

Всего было изучено 73 пробы. Концентрацию главных ионов (Cl^- , SO_4^{2-} , K^+ , Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+}), соединений азота и фосфора (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , HPO_4^{2-}), а также ионов Vr^{2+} и Sr^{2+} определяли методом капиллярного электрофореза («Капель 103-Р», ГК «Люмэкс», Россия). Сбор данных, анализ полученных электрофореграмм и расчеты по калибровочным кривым выполнены в пакете «МультиХром для Windows» (версия 1.52u, ЗАО «Амперсенд»). Общую щелочность, содержание гидрокарбонат- и карбонат-ио-

нов рассчитывали по точке перегиба кривой титрования 30 мл пробы 0,02 н раствором HCl. Расчеты проведены в программе Alkalinity Calculator (version 2.22, [5]). Фотометрические измерения (окисляемость, Si) выполнены на концентрационном фотоэлектрическом колориметре КФК 2 (АО «Загорский оптико-механический завод», Россия), потенциометрические – на иономере И-160МИ (ЗАО «Измерительная техника», Россия), кондуктометрические – на кондуктометре EZ-1 (Meterics®, Китай). Анализ на содержание в воде металлов проводился согласно [6, с. 1] на атомно-абсорбционном спектрофотометрах AAS-1 (Carl Zeiss, Германия) и МГА 915 (ГК «Люмэкс», Россия). Во всех анализах в качестве градуировочных растворов использовали смеси ГСО отдельных ионов.

В ходе анализа полученных данных использовали методы описательной статистики, поиска связей и визуализации данных. Для всех гидрохимических показателей рассчитывали минимальные, максимальные и средние значения; последние снабжали 95-процентными доверительными интервалами (95 % ДИ), вычисленными техникой непараметрического бутстрепа (метод процентилей, $n = 99999$). Расчеты выполнены в пакете PAST (version 3.24 [7, p. 1]); в нем же считали корреляцию по Спирмену. Описательную статистику для показателей с цензурированными наблюдениями (ЦН) типа «менее чем» рассчитывали непараметрическими методами в пакете Scout 2008 (version 1.00.01 [8]). При этом средние значения находили методом Каплана – Мейера, а 95 % ДИ – бутстрепом (метод процентилей, $n = 9999$) для метода Каплана – Мейера [9, p. 1]. Для оценки пригодности вод для целей орошения руководствовались классификацией [10, с. 1], согласно которой выделяли 4 класса качества, а также определяли превышения содержания ряда неорганических соединений. Для классов качества вод рассчитывали относительные частоты (в процентах) с одновременными 95 % ДИ, вычисленными методом Уилсона, а для долей проб с превышениями нормативов по отдельным показателям – частоты с 95 % ДИ, вычисленными методом Джеффриса. Расчеты выполнены в пакете DescTool (version 0.99.34 [11]) для программно-статистической среды R (version 3.6.2, [12]). Для визуализации особенностей химического состава использовали диаграммы Пайпера и Гиббса, построенные в пакетах GW_Chart (version 1.29 [13, p. 1]) и KyPlot (version 5.0, [14, p. 425]). Карта отбора проб выполнена средствами пакета QGIS (версия 3.10).

Результаты (Results)

Глубины изученных источников воды варьировали в широких пределах: от 12 м (колодец) до 135 м (артезианская скважина); но в 50 % случаев глубина находилась между 25 и 50 м при медиане 38 м. Результаты их химического анализа представлены в таблице 1.

Краткая характеристика. Подземные воды Сосновского района характеризовались чаще нейтральной, реже – слабощелочной реакцией среды. По величине минерализации (0,651 г/л по сумме ионов) по классификации И. К. Зайцева (1972) воды относятся к группе пресных, подгруппе жесткопресных вод (минерализация 0,5–1,0 г/л). Они имели преимущественно среднюю жесткость: в пределах 4–8 °Ж. Из катионов чаще преобладал кальций, из анионов – ги-

дрокарбонат-ион. Содержание органического вещества (окисляемость) – низкое. Из продуктов разложения органического вещества в заметном количестве имелись пробы с ЦН, когда концентрация показателя была ниже границы чувствительности методики. Так, для показателя «свежего» органического вещества – катиона NH_4^+ – доля таких проб составила 15,1 %, для NO_2^- – 29,2 %. Напротив, для конечных форм разложения органического вещества доля проб с ЦН была низка: для NO_3^- – 2,7 %, для ортофосфатов – 3,7 %. Это указывает на то, что процессы окисления органического вещества на момент взятия проб преимущественно завершились. Обнаружена слабая, но статистически значимая отрицательная связь между концентрацией нитратов и глубиной скважины: коэффициент корреляции Спирмена $r_s = -0,30$; $P = 0,037$. Содержание микроэлементов и тяжелых металлов может быть оценено только в сравнении с другими локалитетами или нормативными значениями (см. ниже), однако следует отметить высокие верхние границы содержания Fe, Mn и Sr.

Главные ионы и классификация вод. Несмотря на то что ведущие факторы, процессы и обстановки формирования состава подземных вод достаточно хорошо изучены [15, с. 1–288], в отечественной гидрогеохимии не существует единой классификации подземных вод по химическому составу. При рассмотрении различных аспектов их происхождения и состава могут использоваться разные классификации, авторами которых являются такие крупные ученые, как О. А. Алекин, М. Г. Валяшко, В. И. Вернадский, М. С. Гуревич, В. В. Иванов, Г. А. Максимова, А. М. Овчинников, К. Е. Питьева, В. С. Самарина, В. А. Сулин, Н. И. Толстихин, и др. Напротив, в зарубежных исследованиях обычно используются более формальные, но менее разнообразные классификации, в основе которых лежат графические отображения главных ионов в процентах эквивалентных концентраций (%-экв.). Наиболее часто используются классификации на основе диаграмм Артура Пайпера [16, p. 914] и Святослава Алексеевича Дурова [17, с. 87], предложенных еще в 40-х годах прошлого века, но сравнение информативности которых продолжается и в настоящее время, особенно в странах с засушливым климатом [18, p. 31073], [19, p. 121], [20, p. 9], [21, p. 1]. В основе обоих графиков лежит одинаковый принцип – изображение пробы двумя точками на двух треугольниках Ферре: в пространствах трех главных катионов (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+) и трех главных анионов (HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^-), которые проецируются одной точкой на общее результирующее поле. При этом треугольники используются для выявления доминирующих катионов и анионов, а поле – для классификации пробы. Различия двух диаграмм касаются лишь взаимного расположения треугольников и формы результирующего поля. При наличии географических или временных серий проб такие диаграммы позволяют обнаруживать тренды изменения химического состава вод и давать им геохимическую интерпретацию (см. ниже). Руководствуясь соображениями унификации с хорошо разработанными западными классификациями вод и доступности программного обеспечения для построения графиков, мы выбрали классификацию на основе диаграммы Пайпера.

Как видно из рис. 2, по катионному составу большинство проб попало в зону кальциевых вод и вод смешанного состава и только 8 проб (11 %) – в зону натриевых вод. В анионном составе заметно преобладал гидрокарбонат-ион; только 2 пробы находились в зоне смешанного состава и по одной пробе – в зонах хлоридного и сульфатного типов. В целом 60 из 73 проб, или 82,2 % (95% ДИ: от 72,3 до 89,6 %), спроецировались в зону геохимической фации IV ($\text{Ca}^{2+}\text{-Mg}^{2+}\text{-HCO}_3^-$) результирующего поля, которая совпадает с V типом воды ($\text{Ca}^{2+}\text{-Mg}^{2+}$ и HCO_3^- - CO_3^{2-}). Важно отметить, что ни одна проба не попала в зону фации II и VII типа вод – хлоридных или сульфатных калиево-натриевых соленых вод. Таким образом, в подземных водах Сосновского района преобладали гидрокарбонатные магниевые-кальциевые воды.

Процессы, участвующие в формировании состава подземных вод. Как видно из рис. 2, облака точек проб на треугольниках анионного и катионного состава не являются однородными, причем для катионов выделяются два тренда. В монографии Хаунслоу [22, р. 71–128] приведены графические примеры для наиболее важных в гидрогеологии процессов растворения, осаждения и ионного обмена при взаимодействии воды с минералами. Из них для нашего случая наиболее правдоподобными процессами, объясняющими отмеченную картину, являются два. Во-первых, это растворение минералов кальцит-доломитового ряда, приводящее к осаждению кальцита и увеличению доли ионов Mg^{2+} в воде (рис. 3, а).

Таблица 1

Химический состав подземных вод Сосновского района Челябинской области

| № п/п | Показатели | Единица измерения | Количество $n_{\text{цел.}}/n_{\text{общ.}}$ | Минимум* – максимум | Среднее [95 % ДИ] |
|---|-------------------------------------|-----------------------|--|---------------------|-------------------------|
| 1 | Глубина скважины | м | 48 | 12–135 | 41,6 [35,9; 48,1] |
| Общие | | | | | |
| 2 | Водородный показатель | ед. рН | 0/73 | 6,50–8,52 | 7,39 [7,30; 7,48] |
| 3 | Жесткость общая | °Ж | –/– | 0,07–18,47 | 6,75 [5,90; 7,64] |
| 4 | Минерализация: сухой остаток | мг/дм ³ | –/– | 37–1621 | 457 [397; 524] |
| 5 | сумма ионов | мг/дм ³ | –/– | 54–1883 | 651 [598; 720] |
| 6 | Щелочность общая | ммоль/дм ³ | –/– | 0,55–11,07 | 5,71 [5,24; 6,18] |
| 7 | Электропроводимость удельная | мкСм/см | –/– | 52–2098 | 725 [651; 806] |
| Главные ионы и карбонатная система | | | | | |
| 8 | Гидрокарбонаты (HCO_3^-) | мг/дм ³ | –/– | 33,6–674,7 | 347,2 [318,5; 375,8] |
| 9 | Калий (K^+) | мг/дм ³ | –/– | 0,0–88,3 | 3,1 [1,6; 5,7] |
| 10 | Кальций (Ca^{2+}) | мг/дм ³ | –/– | 1,1–239,2 | 79,6 [70,0; 89,8] |
| 11 | Карбонаты (CO_3^{2-}) | мг/дм ³ | –/– | 0,02–4,2 | 0,77 [0,59; 0,99] |
| 12 | Магний (Mg^{2+}) | мг/дм ³ | –/– | 0,2–100,5 | 33,8 [28,9; 39,1] |
| 13 | Натрий (Na^+) | мг/дм ³ | –/– | 2,9–172,0 | 49,3 [40,8; 58,4] |
| 14 | Сульфаты (SO_4^{2-}) | мг/дм ³ | –/– | 1,8–312,0 | 58,0 [45,9; 71,5] |
| 15 | Хлориды (Cl^-) | мг/дм ³ | –/– | 0,3–216,9 | 28,1 [19,6; 37,9] |
| Биогенное и органическое вещество | | | | | |
| 16 | Аммония ион (NH_4^+) | мг/дм ³ | 11/73 | (0,2)–6,47 | 0,27 [0,14; 0,48] |
| 17 | Нитраты (NO_3^-) | мг/дм ³ | 2/73 | (0,2)–543,2 | 41,3 [26,4; 60,6] |
| 18 | Нитриты (NO_2^-) | мг/дм ³ | 19/65 | (0,2)–2,09 | 0,22 [0,13; 0,32] |
| 19 | Фосфаты (HPO_4^{2-}) | мг/дм ³ | 1/27 | (0,25)–12,0 | 1,3 [0,6; 2,4] |
| 20 | Окисляемость перманганатная | мгО/дм ³ | 3/72 | (0, 25)–15,97 | 1,38 [0,96; 1,93] |
| Микроэлементы и тяжелые металлы | | | | | |
| 21 | Барий (Ba^{2+}) | мг/дм ³ | 7/63 | (0,05)–4,75 | 0,71 [0,49; 0,94] |
| 22 | Железо (Fe) | мг/дм ³ | 3/72 | (0,003)–38,6 | 0,906 [0,202; 2,13] |
| 23 | Кадмий (Cd) | мг/дм ³ | 15/23 | (0,0001)–0,048 | 0,0041 [0,0012; 0,0102] |
| 24 | Кобальт (Co) | мг/дм ³ | 16/24 | (0,002)–0,090 | 0,0093 [0,0034; 0,0203] |
| 25 | Кремний (Si) | мг/дм ³ | 1/71 | (0,004)–20,2 | 9,30 [8,34; 10,29] |
| 26 | Марганец (Mn) | мг/дм ³ | 6/70 | (0,0007)–3,18 | 0,143 [0,045; 0,277] |
| 27 | Медь (Cu) | мг/дм ³ | 7/42 | (0,0007)–0,034 | 0,0084 [0,0056; 0,0116] |
| 28 | Никель (Ni) | мг/дм ³ | 17/28 | (0,0011)–0,032 | 0,0096 [0,0072; 0,0151] |
| 29 | Свинец (Pb) | мг/дм ³ | 12/16 | (0,0012)–0,071 | 0,014 [0,009; 0,071] |
| 30 | Стронций (Sr^{2+}) | мг/дм ³ | 0/72 | 0,026–6,00 | 0,75 [0,60; 0,95] |
| 31 | Цинк (Zn) | мг/дм ³ | 0/36 | 0,003–0,410 | 0,045 [0,027; 0,071] |

* В круглых скобках приведена минимальная нижняя граница чувствительности методики.

Table 1
 Chemical composition of groundwater in the Sosnovskiy district of the Chelyabinsk region

| No. | Parameter | Units | $\frac{n_{\text{non-detects}}}{n_{\text{total}}}$ | Minimum* – maximum | Mean [95 % CI] |
|--|---|------------------|---|--------------------|-------------------------|
| 1 | Well depth | m | 48 | 12–135 | 41.6 [35.9, 48.1] |
| General indicators | | | | | |
| 2 | pH | scale | 0/73 | 6.50–8.52 | 7.39 [7.30, 7.48] |
| 3 | Total hardness | meq/L | -/- | 0.07–18.47 | 6.75 [5.90, 7.64] |
| 4 | Mineralization, mg/l: residue at 180 °C | mg/L | -/- | 37–1621 | 457 [397, 524] |
| 5 | total dissolved solids | -/- | -/- | 54–1883 | 651 [598, 720] |
| 6 | Alcalinity | meq/L | -/- | 0.55–11.07 | 5.71 [5.24, 6.18] |
| 7 | Conductivity | $\mu\text{S/cm}$ | -/- | 52–2098 | 725 [651, 806] |
| Major ions and carbonate system | | | | | |
| 8 | Bicarbonate (HCO_3^-) | mg/L | -/- | 33.6–674.7 | 347.2 [318.5, 375.8] |
| 9 | Potassium (K^+) | -/- | -/- | 0.0–88.3 | 3.1 [1.6, 5.7] |
| 10 | Calcium (Ca^{2+}) | -/- | -/- | 1.1–239.2 | 79.6 [70.0, 89.8] |
| 11 | Carbonate (CO_3^{2-}) | -/- | -/- | 0.02–4.2 | 0.77 [0.59, 0.99] |
| 12 | Magnesium (Mg^{2+}) | -/- | -/- | 0.2–100.5 | 33.8 [28.9, 39.1] |
| 13 | Sodium (Na^+) | -/- | -/- | 2.9–172.0 | 49.3 [40.8, 58.4] |
| 14 | Sulphate (SO_4^{2-}) | -/- | -/- | 1.8–312.0 | 58.0 [45.9, 71.5] |
| 15 | Chloride (Cl^-) | -/- | -/- | 0.3–216.9 | 28.1 [19.6, 37.9] |
| Biogenic compounds and organic matter | | | | | |
| 16 | Ammonium (NH_4^+) | -/- | 11/73 | (0.2)–6.47 | 0.27 [0.14, 0.48] |
| 17 | Nitrate (NO_3^-) | -/- | 2/73 | (0.2)–543.2 | 41.3 [26.4, 60.6] |
| 18 | Nitrite (NO_2^-) | -/- | 19/65 | (0.2)–2.09 | 0.22 [0.13, 0.32] |
| 19 | Phosphate (HPO_4^{2-}) | -/- | 1/27 | (0.25)–12.0 | 1.3 [0.6, 2.4] |
| 20 | Permanganate oxidability | mgO/L | 3/72 | (0.25)–15.97 | 1.38 [0.96, 1.93] |
| Heavy metals and trace elements | | | | | |
| 21 | Barium (Ba^{2+}) | mg/L | 7/63 | (0.05)–4.75 | 0.71 [0.49, 0.94] |
| 22 | Iron (Fe) | -/- | 3/72 | (0.003)–38.6 | 0.906 [0.202, 2.13] |
| 23 | Cadmium (Cd) | -/- | 15/23 | (0.0001)–0.048 | 0.0041 [0.0012, 0.0102] |
| 24 | Cobalt (Co) | -/- | 16/24 | (0.002)–0.090 | 0.0093 [0.0034, 0.0203] |
| 25 | Silicon (Si) | -/- | 1/71 | (0.004)–20.2 | 9.30 [8.34, 10.29] |
| 26 | Manganese (Mn) | -/- | 6/70 | (0.0007)–3.18 | 0.143 [0.045, 0.277] |
| 27 | Copper (Cu) | -/- | 7/42 | (0.0007)–0.034 | 0.0084 [0.0056, 0.0116] |
| 28 | Nickel (Ni) | -/- | 17/28 | (0.0011)–0.032 | 0.0096 [0.0072, 0.0151] |
| 29 | Lead (Pb) | -/- | 12/16 | (0.0012)–0.071 | 0.014 [0.009, 0.071] |
| 30 | Strontium (Sr^{2+}) | -/- | 0/72 | 0.026–6.00 | 0.75 [0.60, 0.95] |
| 31 | Zinc (Zn) | -/- | 0/36 | 0.003–0.410 | 0.045 [0.027, 0.071] |

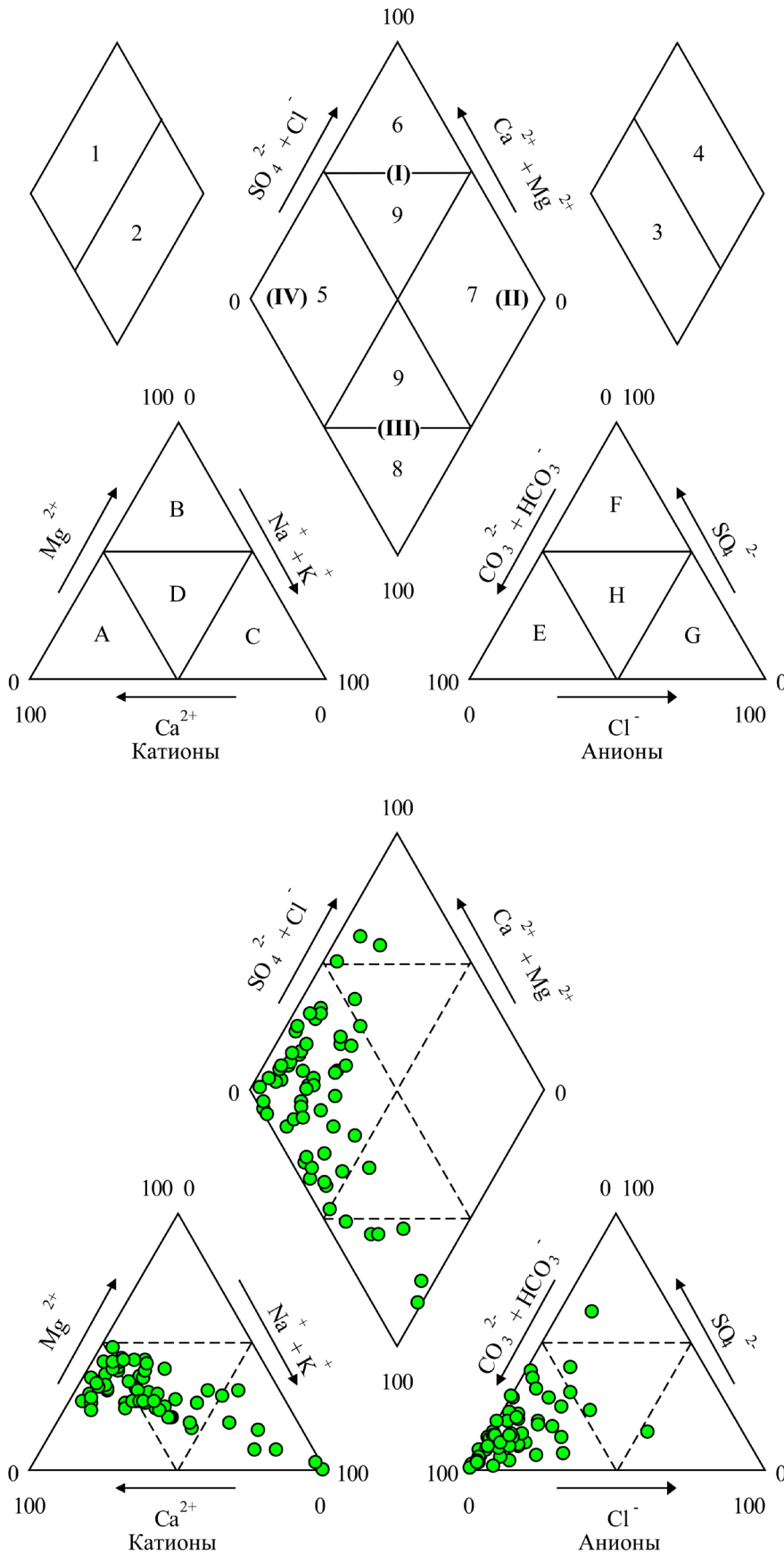
* The minimum detection limit given in parentheses.

Во-вторых, это процессы растворения альбита или ионного обмена с кальцитом, в результате которых в растворе увеличивается доля ионов Na^+ , проявляющаяся на диаграмме отчетливым трендом в направлении натриевого типа вод (рис. 3, б).

Другим распространенным типом графического изображения состава вод является диаграмма Гиббса (рис. 4), которая позволяет выделять такие ведущие факторы их формирования, как атмосферные осадки, процессы выветривания и испарения [23, p. 1088].

Несмотря на то что в исходной работе Рональд Гиббс применил данный тип графика для классификации поверхностных вод, к настоящему времени примерно половина всех публикаций, использующих диаграмму Гиббса, со-

держат ключевое слово «подземные воды», а в 2017 г. доля таких публикаций в базе данных Web of Science составила 72 % [24, p. 209]. Как видно из рис. 4, применительно к подземным водам Sosnovskiy района собственно диаграмма Гиббса позволяет сделать лишь тривиальный вывод о преобладающем вкладе процессов выветривания горных пород в формирование гидрохимического состава. Однако наложение на нее плотности распределения проб [25, p. 401] позволило выявить неоднородность распределения соотношения катионов в воде, по которому пробы образовали два отчетливых кластера: с относительно высокой и относительно низкой долями щелочных металлов в катионном составе. Это также указывает на наличие не менее чем двух различных процессов формирования состава рассматриваемых вод.



Гидрохимические фации:

- (I) $Ca^{2+}-Mg^{2+}-Cl-SO_4^{2-}$
- (II) $Na^+-K^+-Cl-SO_4^{2-}$
- (III) $Na^+-K^+-HCO_3^-$
- (IV) $Ca^{2+}-Mg^{2+}-HCO_3^-$

Типы воды:

- 1 $(Ca^{2+}+Mg^{2+}) > (Na^++K^+)$
- 2 $(Na^++K^+) > (Ca^{2+}+Mg^{2+})$
- 3 $(HCO_3^-+CO_3^{2-}) > (Cl^-+SO_4^{2-})$
- 4 $(Cl^-+SO_4^{2-}) > (HCO_3^-+CO_3^{2-})$
- 5 $Ca^{2+}-Mg^{2+}$ и $HCO_3^-CO_3^{2-}$
(Временная жёсткость)
- 6 $Ca^{2+}-Mg^{2+}$ и $Cl-SO_4^{2-}$
(Постоянная жёсткость)
- 7 Na^+-K^+ и $Cl-SO_4^{2-}$ (Солёные)
- 8 Na^+-K^+ и $HCO_3^-CO_3^{2-}$
(Карбонаты щелочных металлов)
- 9 Зона смешанных типов

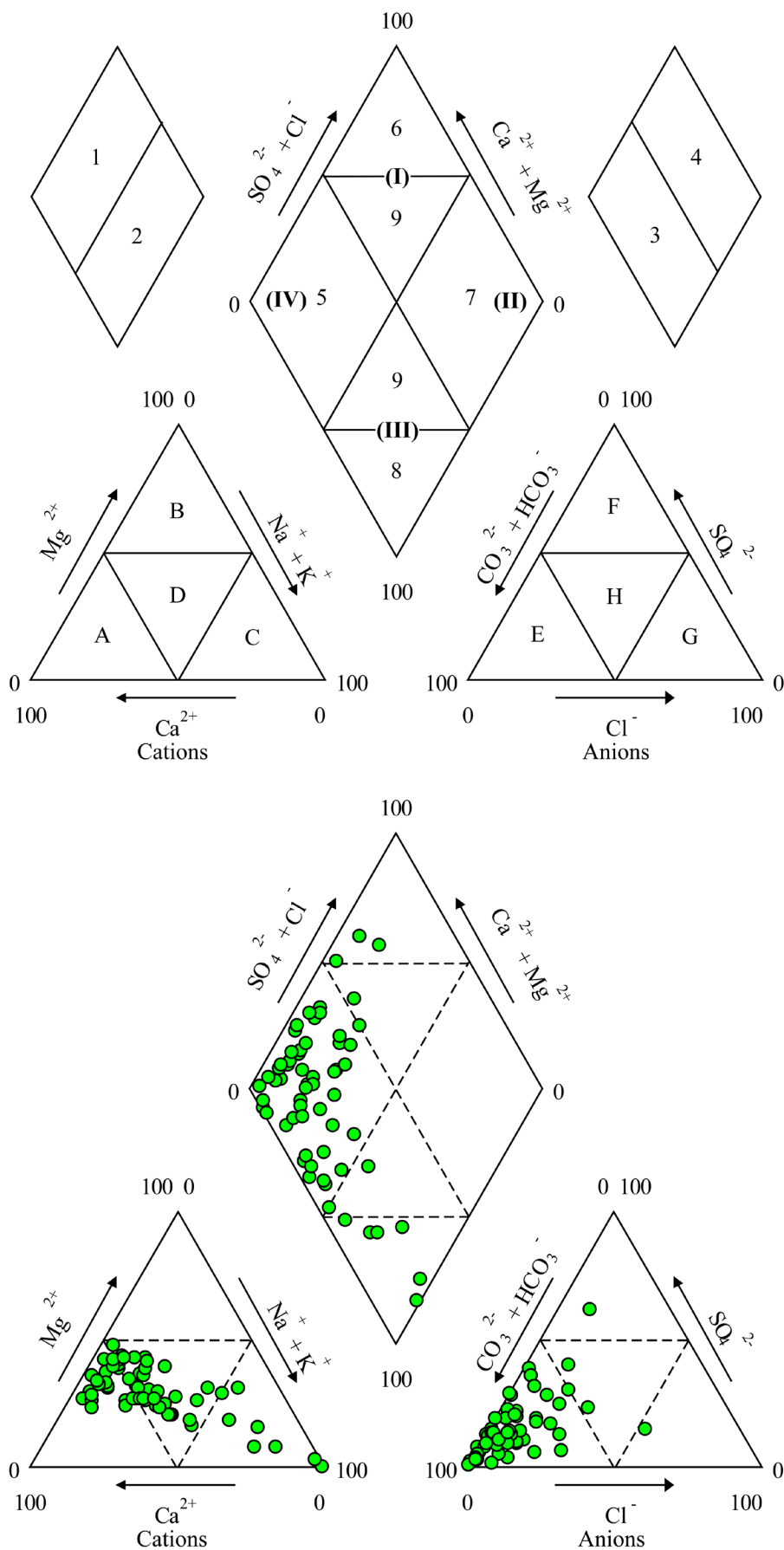
Тип воды по катионному составу:

- A) Кальциевая
- B) Магниевая
- C) Натриевая
- D) Смешанный тип

Тип воды по анионному составу:

- E) Гидрокарбонатная
- F) Сульфатная
- G) Хлоридная
- H) Смешанный тип

Рис. 2. Подземные воды Сосновского района на диаграмме Пайпера



Hydrochemical facies:

- (I) $\text{Ca}^{2+}\text{-Mg}^{2+}\text{-Cl}^-\text{-SO}_4^{2-}$
- (II) $\text{Na}^+\text{-K}^+\text{-Cl}^-\text{-SO}_4^{2-}$
- (III) $\text{Na}^+\text{-K}^+\text{-HCO}_3^-$
- (IV) $\text{Ca}^{2+}\text{-Mg}^{2+}\text{-HCO}_3^-$

Water type:

- 1 $(\text{Ca}^{2+}+\text{Mg}^{2+}) > (\text{Na}^++\text{K}^+)$
- 2 $(\text{Na}^++\text{K}^+) > (\text{Ca}^{2+}+\text{Mg}^{2+})$
- 3 $(\text{HCO}_3^-+\text{CO}_3^{2-}) > (\text{Cl}^++\text{SO}_4^{2-})$
- 4 $(\text{Cl}^++\text{SO}_4^{2-}) > (\text{HCO}_3^-+\text{CO}_3^{2-})$
- 5 $\text{Ca}^{2+}\text{-Mg}^{2+}$ и HCO_3^- - CO_3^{2-}
(Temporary hardness)
- 6 $\text{Ca}^{2+}\text{-Mg}^{2+}$ и $\text{Cl}^-\text{-SO}_4^{2-}$
(Permanent hardness)
- 7 $\text{Na}^+\text{-K}^+$ и $\text{Cl}^-\text{-SO}_4^{2-}$ (Saline)
- 8 $\text{Na}^+\text{-K}^+$ и HCO_3^- - CO_3^{2-}
(Alkali carbonate)
- 9 Mixing zone

Water type for cations:

- A) Calcium type
- B) Magnesium type
- C) Sodium and Potassium type
- D) No dominant type

Water type for anions:

- E) Bicarbonate type
- F) Sulphate type
- G) Chloride type
- H) No dominant type

Fig. 2. Sosnovskiy district's groundwaters on the Piper diagram

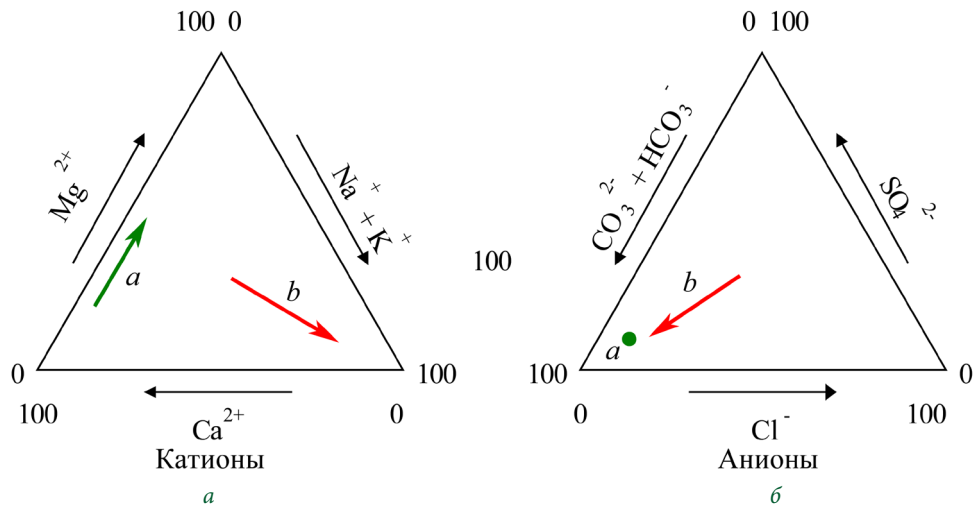


Рис. 3. Интерпретация трендов согласно Хаунслоу [22]: а – осаждение кальцита после растворения Mg-кальцита или доломита, б – растворение альбита или ионный обмен с кальцитом

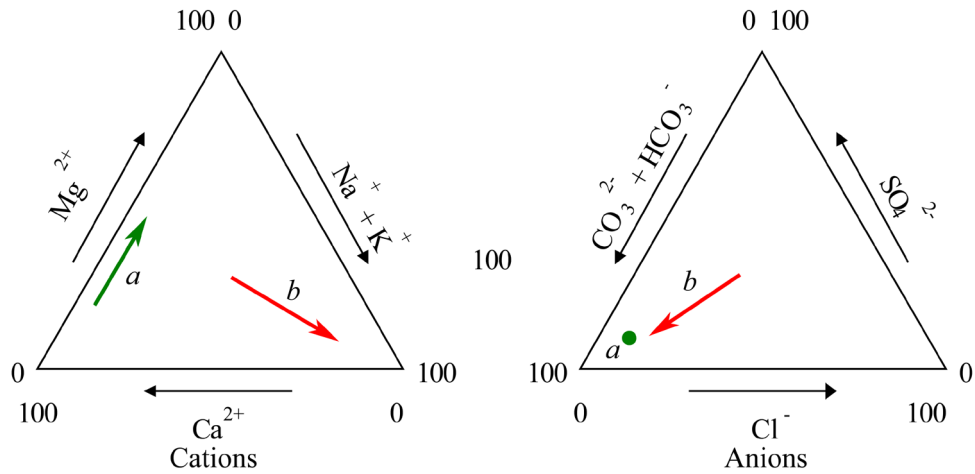


Fig. 3. Trend's interpretation according to Hownsow [22]: a – calcite precipitation after Mg calcite or dolomite solution, b – albite solution or calcite or ion exchange

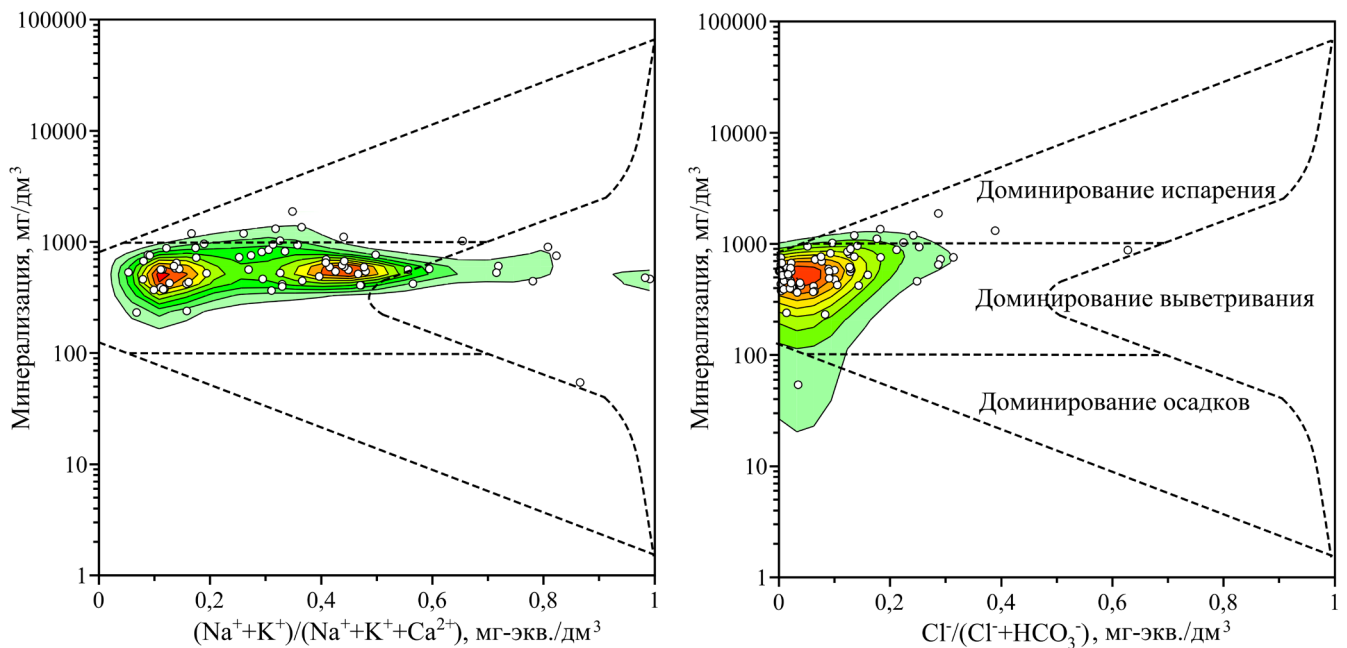


Рис. 4. Подземные воды Сосновского района Челябинской области на диаграмме Гиббса

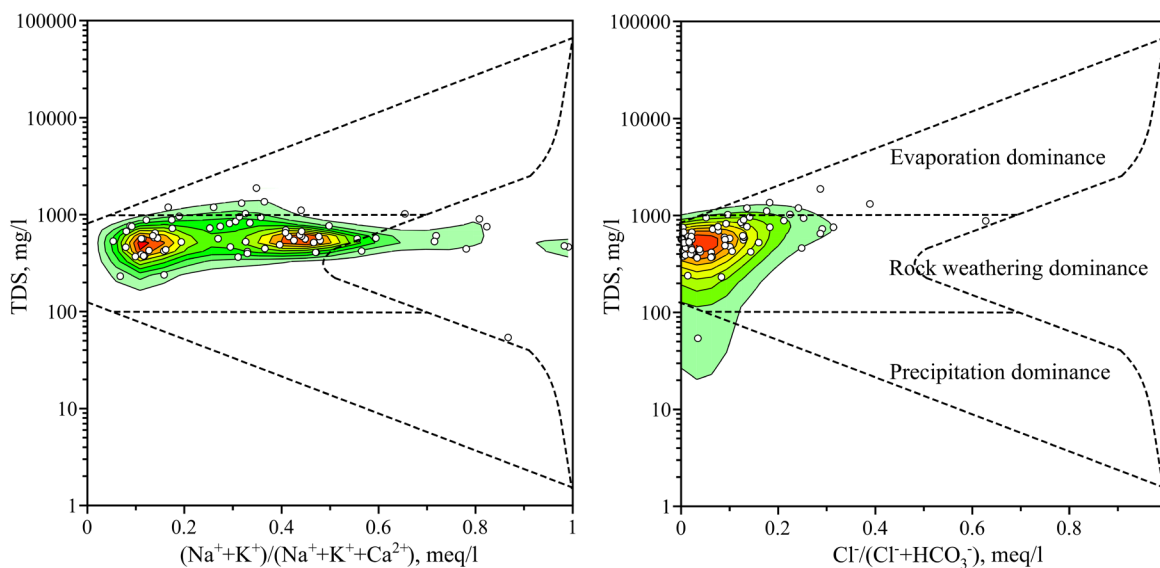


Fig. 4. Sosnovskiy district's groundwaters on the Gibbs diagram

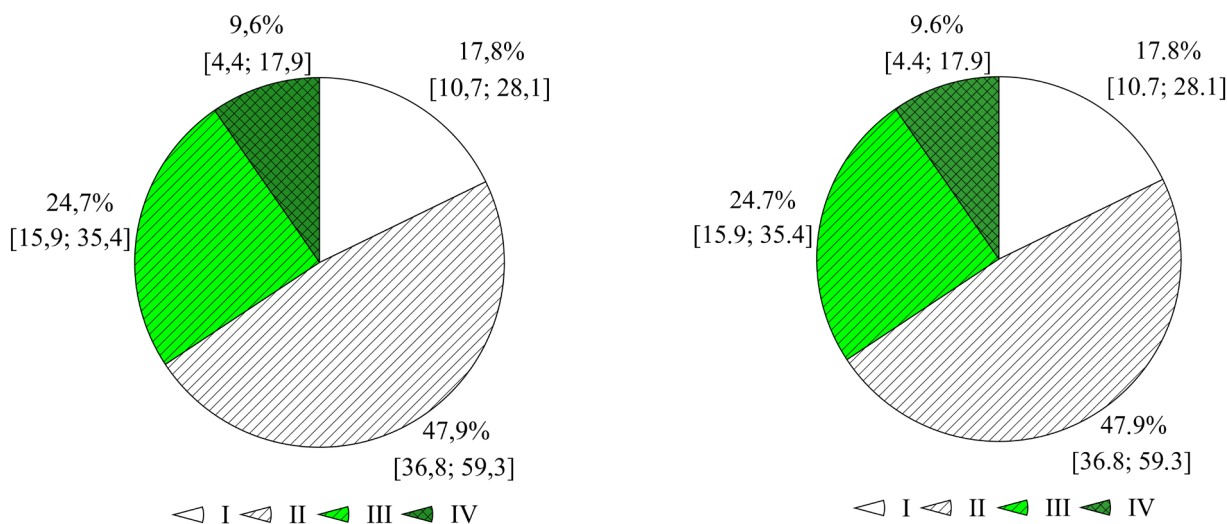


Рис. 5. Распределение подземных вод Sosновского района Челябинской области по категориям качества

Fig. 5. Distribution of groundwater in the Sosnovskiy district of the Chelyabinsk region by quality category

Качество вод для целей орошения. Согласно почвенно-мелиоративной классификации [10, с. 1–141], вода для орошения подразделяется на 4 класса. Оросительная вода I и II классов не оказывает неблагоприятного влияния на плодородие почв и качество сельскохозяйственной продукции и считается пригодной для полива. При недостаточной дренированности территории для полива водой II класса необходим комплекс мелиоративных мероприятий. Вода III и IV классов непригодна для орошения без предварительной подготовки и проведения специального комплекса мелиоративных мероприятий. Распределение вод по классам качества представлено в таблице 2 и на рис. 5.

Полученные данные указывают на факт удовлетворительного качества примерно 2/3 изученных проб, поскольку доля проб I и II класса качества по пяти основным показателям составляет 65,7 %. Самая низкая вероятность получить на индивидуальном участке некачественную (III и IV классы) воду относится к хлоридному засолению (2,7 %), больше – к высокой минерализации (11 %), магниевому осолонцеванию (16,5 %) и содообразованию (20,6 %).

Помимо минерализации и соотношений главных ионов, на качество воды для полива влияет содержание в ней макро- и микроэлементов, а также токсичных элементов. Поскольку их концентрация измерялась не во всех пробах, точность полученных данных является различной, но сами данные дают представление о наличии или отсутствии проблемы и ее масштабах. Так, по минеральным формам азота ситуация представляется достаточно благополучной, поскольку превышений концентраций NO_2^- ($> 3,8 \text{ мг/дм}^3$) обнаружено не было (доля [95 % ДИ] – 0,0 % [0,0; 3,8]), а превышения по NO_3^- ($> 45 \text{ мг/дм}^3$) наблюдались в четверти случаев (24,7 % [15,9; 35,4]). По микроэлементам и тяжелым металлам превышения отмечены для: Ва ($> 0,1 \text{ мг/дм}^3$; 68,3 % [56,1; 78,7]), Cd ($> 0,001 \text{ мг/дм}^3$; 30,4 % [14,8; 50,7]), Fe ($> 0,3 \text{ мг/дм}^3$; 15,3 % [8,4; 24,9]), Mn ($> 0,2 \text{ мг/дм}^3$; 12,9 % [6,6; 22,1]) и Pb ($> 0,03 \text{ мг/дм}^3$; 6,3 % [0,7; 25,7]). Не обнаружено превышений по Cu ($> 1,0 \text{ мг/дм}^3$; 0,0 % [0,0; 5,8]), Ni ($> 0,1 \text{ мг/дм}^3$; 0,0 % [0,0; 8,5]), Sr ($> 7,0 \text{ мг/дм}^3$; 0,0 % [0,0; 3,4]) и Zn ($> 1,0 \text{ мг/дм}^3$; 0,0 % [0,0; 6,7]).

Таблица 2

Распределение подземных вод Сосновского района ($n = 73$) по классам качества для оросительных целей, % [95 % ДИ]

| Показатель риска | Класс качества | | | |
|-------------------------|----------------------|----------------------|---------------------|---------------------|
| | I | II | III | IV |
| Минерализация | 31,5 [21,7; 42,7] | 57,5 [46,1; 68,4] | 9,6 [4,4; 17,9] | 1,4 [0,1; 6,2] |
| Хлоридное засоление | 87,7 [78,7; 93,7] | 9,6 [4,4; 17,9] | 2,7 [0,6; 8,5] | 0,0 [0,0; 3,4] |
| Натриевое осолонцевание | 57,5 [41,6; 68,4] | 26,0 [17,0; 36,9] | 5,5 [1,9; 12,5] | 11,0 [5,3; 19,6] |
| Магниевое осолонцевание | 87,7 [78,7; 93,7] | 9,6 [4,4; 17,9] | 2,7 [0,6; 8,5] | 0,0 [0,0; 3,4] |
| Содообразование | 76,7 [66,1; 85,2] | 2,7 [0,6; 8,5] | 13,7 [7,3; 22,9] | 6,8 [2,7; 14,4] |

Table 2

Groundwater distribution of Sosnovskiy district ($n = 73$) by quality classes for irrigation purposes, % [95 % CI]

| Risk indicator | Quality class | | | |
|------------------------|----------------------|----------------------|---------------------|---------------------|
| | I | II | III | IV |
| Mineralization | 31.5 [21.7, 42.7] | 57.5 [46.1, 68.4] | 9.6 [4.4, 17.9] | 1.4 [0.1, 6.2] |
| Chloride salinization | 87.7 [78.7, 93.7] | 9.6 [4.4, 17.9] | 2.7 [0.6, 8.5] | 0.0 [0.0, 3.4] |
| Sodium salinization | 57.5 [41.6, 68.4] | 26.0 [17.0, 36.9] | 5.5 [1.9, 12.5] | 11.0 [5.3, 19.6] |
| Magnesium salinization | 87.7 [78.7, 93.7] | 9.6 [4.4, 17.9] | 2.7 [0.6, 8.5] | 0.0 [0.0, 3.4] |
| Soda formation | 76.7 [66.1, 85.2] | 2.7 [0.6, 8.5] | 13.7 [7.3, 22.9] | 6.8 [2.7, 14.4] |

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

В нашем исследовании преобладающим типом подземных вод Сосновского района был установлен гидрокарбонатный магниевый-кальциевый тип, а ведущими процессами их формирования предположены растворение минералов кальцит-доломитового ряда и растворение альбита или его ионный обмен с кальцитом. Такие процессы являются обычными и хорошо изученными, поскольку затрагивают самые распространенные горные породы: карбонатные породы осадочного происхождения и полевые шпаты класса силикатов магматического происхождения.

Известно, что в геологическом строении Сосновского района Челябинской области принимают участие метаморфические, вулканогенные и осадочные отложения палеозоя (известняки, песчаники, мрамор, порфириды, диабазы и т. д.), а также весьма широко распространены интрузивные породы (граниты, диориты, габбро) [26, с. 1–106]. Город Челябинск расположен в переходной геологической зоне между Уральской горной страной и Западно-Сибирской платформой [27]. Западная часть города и примыкающая к нему центральная часть Сосновского района расположены на древних докембрийских кристаллических породах, прорванных гранитными интрузиями палеозойского возраста и перекрытых продуктами выветривания. Подземные воды, развитые в зонах трещиноватости на глубинах от 10 до 40–70 м, а в зонах тектонического дробления – до 100 м и более, представляют собой безнапорные воды, пресные, умеренно жесткие, гидрокарбонатного класса с общей минерализацией 0,3–0,65 г/л, с высокой концентрацией радона [27]. Непосредственно в

самом Сосновском районе имеются достаточно крупные месторождения полевитового сырья. Во-первых, это Шершнево-Сосновское месторождение розовых гранитов. Их состав представлен преимущественно калиевым полевым шпатом (35–40 %), плагиоклазом (от альбит-олигоклаза до олигоклаза-андезина – 25–30 %) и кварцем (до 35–40 %). Во-вторых, это Кременкульское месторождение гранита и каолинизированной дресвы. Наиболее широко здесь развиты крупно- и среднезернистые граниты, сложенные в основном розовым калишпатом (49 %), серовато-белым плагиоклазом (23 %) и кварцем (25 %). Геологические запасы выветрелых гранитов месторождения оцениваются в 52 млн тонн, а полевошпатового концентрата, отвечающего требованиям ГОСТ 7030-75, – в 13 млн тонн [28, с. 179]. Восточная часть Челябинска и примыкающие к ней с севера и юга участки Сосновского района расположены на палеозойских эффузивных породах и отчасти на известняках. Здесь отложения палеозоя погружаются под толщу осадочно-терригенных пород мезокайнозойского возраста (песчаники, конгломераты, опоки, диатомиты, глины), мощность которых не превышает 5–25 м. Коренные породы почти повсеместно перекрываются четвертичными отложениями, мощность которых редко превышает 10–15 м [4]. Воды здесь гидрокарбонатно-кальциево-магниевые с минерализацией до 1 г/л [27].

Таким образом, полученные нами на основе анализа диаграмм Пайпера и Гиббса выводы согласуются с имеющейся гидрогеологической информацией.

Приблизительно треть (34,3 %) проб воды оказалась III и IV категорий, т. е. оказывающей неблагоприятное воз-

действие на плодородие почв, урожайность и качество сельскохозяйственных культур [10, с. 1–141]. В целом это достаточно большая доля, а потому аграрным предприятиям можно рекомендовать включить оценку качества поливной воды в систему экологического мониторинга по аналогии с работой И. А. Шкуратовой с соавторами [29, с. 60]. Организациям и частным лицам, являющимися водопользователями индивидуальных скважин, можно рекомендовать проведение более полных исследований подземных вод для возможности выбора мероприятий по снижению их отрицательного воздействия на почву и растения. Лицам, планирующим приобрести недвижимость в Сосновском районе Челябинской области, следует более внимательно отнестись к рассмотрению источников водоснабжения и их качеству.

Выводы:

1. На территории Сосновского района Челябинской области преобладают гидрокарбонатные магниевые-кальциевые подземные воды с рН 7,39 (95 % ДИ: от 7,30 до 7,48) и минерализацией 651 мг/дм³ (95 % ДИ: от 598 до 720).

2. С использованием диаграмм Пайпера и Гиббса установлено, что ведущими процессами формирования химического состава вод являются растворение минералов кальцит-доломитового ряда осадочных пород и растворение и ионный обмен полевых шпатов в составе гранитов с кальцитом.

3. По величине минерализации и рискам хлоридного засоления, натриевого осолонцевания, магниевое осолонцевания и содообразования доля проб I и II класса качества для целей орошения составляет 65,7 %. Имеются превышения по концентрации NO₃⁻ (24,7 % проб), Ва (68,3 %), Cd (30,4 %), Fe (15,3 %), Mn (12,9 %), Pb (6,3 %).

Благодарности (Acknowledgements)

Авторы благодарят директора ООО «Экспертный центр санитарно-экологического соответствия» М. Ю. Балашова за организацию сбора материала и доктора ветеринарных наук Ю. Г. Грибовского за аналитические работы по определению содержания тяжелых металлов.

Библиографический список

1. Бреславский А. С. Время изучать пригороды // Вестник РУДН. Серия: Социология. 2017. Т. 17. № 2. С. 636–644. DOI: 10.22363/2313-2272-2017-17-4-636-644.
2. Русанов А. В. Субурбанизация и жилищное строительство в Московской области // Народонаселение. 2017. № 2. С. 103–111.
3. Никитина Т. И. Влияние демографической ситуации на уровень устойчивого развития сельских территорий Челябинской области // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 8. С. 273–278.
4. Инвестиционный паспорт района 2018 год [Электронный ресурс] // Официальный сайт Сосновского муниципального района Челябинской области. URL: <http://www.chelsosna.ru> (дата обращения: 10.04.2020).
5. Rounds S. Alkalinity Calculator [e-resource] // USGS Oregon Water Science Center. 2013. URL: <http://or.water.usgs.gov/alk/alk.html> (appeal date: 05.03.2020).
6. ГОСТ Р 51309-99 Вода питьевая. Определения содержания элементов методами атомной спектрометрии. Москва: Стандартинформ, 2010. 42 с.
7. Hammer O., Harper D. A. T., Ryan P. D. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis // Palaeontologia Electronica. 2001. No. 1. Pp. 1–9.
8. Zimmerman J.Y. Abstract Scout [e-resource] / EPA: National Exposure Research Laboratory Environmental Sciences. URL: <https://archive.epa.gov/esd/archive-scout/web/html> (appeal date: 02.04.2020).
9. Nocerino J., Singh A., Maichle R., Armbya N., Singh A. K. Scout 2008 Version 1.0. User Guide Part I. Washington: U.S. Environmental Protection Agency, 2008. 244 p.
10. Руководство по контролю и регулированию почвенного плодородия орошаемых земель / Под ред. В. Н. Щедрина. Новочеркасск: РосНИИПМ, 2017. 141 с.
11. Signorell A., et al. DescTools: Tools for Descriptive Statistics. R package version 0.99.34 от 12.03.2020 [e-resource]. URL: <https://cran.r-project.org/package=DescTools> (appeal date: 10.04.2020).
12. R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. Austria, Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2016 [e-resource]. URL: <https://www.R-project.org> (appeal date: 10.04.2020).
13. Winston R. B. Graphical User Interface for MODFLOW, Version 4: U. S. Geological Survey Open-File Report 00-315, 2000. 27 p.
14. Yoshioka K. KyPlot – A user-oriented tool for statistical data analysis and visualization. Computational Statistics. 2002. Vol. 17. No. 3. Pp. 425–437.
15. Основы гидрогеологии. Гидрогеохимия / Под ред. С. Л. Шварцева. Новосибирск: Наука, 1982. 288 с.
16. Piper A. M. A graphic procedure in geochemical interpretation of water analyses // Transactions of the American Geophysical Union. 1944. Vol. 25. Pp. 914–923.
17. Дуров С. А. Классификация природных вод и графическое изображение их состава // Доклады АН СССР. 1948. Т. 59. № 1. С. 87–90.
18. Ravikumar P., Somashekar R. K., Prakash K. L. A comparative study on usage of Durov and Piper diagrams to interpret hydrochemical processes in groundwater from SRLIS river basin, Karnataka, India // Elixir international journal. Earth Science. 2015. Vol. 80. Pp. 31073–31077.

19. Obeidat A. M., Rimawi O. Characteristics and genesis of the groundwater resources associated with oil shale deposits in the Azraq and Harrana Basins, Jordan // *Journal of Water Resource and Protection*. 2017. Vol. 9. Pp. 121–138. DOI: 10.4236/jwarp.2017.92010.
20. Ziani D., Abderrahmane B., Boumazbeur A., Benaabidate L. Water quality assessment for drinking and irrigation using major ions chemistry in the semiarid region: case of Djacer Spring, Algeria // *Asian Journal of Earth Sciences*. 2017. Vol. 10. No. 1. Pp. 9–21. DOI: 10.3923/ajes.2017.9.21.
21. Nyika J., Onyari E. Hydrogeochemical analysis and spatial distribution of groundwater quality in Roundhill landfill vicinity of South Africa // *Air, Soil and Water Research*. 2019. Vol. 12. Pp. 1–8. DOI: 10.1177/1178622119872771.
22. Hounslow A. *Water Quality Data: Analysis and Interpretation*. CRC Press, 1995. 416 p.
23. Gibbs R. J. *Mechanisms Controlling World Water Chemistry* // *Science, New Series*. 1970. Vol. 170. No. 3962. P. 1088–1090.
24. Marandi A., Shand P. Groundwater chemistry and the Gibbs Diagram // *Applied Geochemistry*. 2018. Vol. 97. Pp. 209–212. DOI: 10.1016/j.apgeochem.2018.07.00.
25. Huizenga J. M. Characterisation of the inorganic chemistry of surface waters in South Africa // *Water SA*. 2011. Vol. 37. No. 3. Pp. 401–410. DOI: 10.4314/wsa.v37i3.68491.
26. Кукарин В. В., Буров А. Г., Серебровский А. А., Кожевников А. М., Аристов А. Н. Схема территориального планирования (корректировка) Сосновского муниципального района Челябинской области. Пояснительная записка // Материалы по обоснованию схемы территориального планирования. Челябинск: ПК «Головной проектный институт Челябинскгражданпроект», 2014. 106 с.
27. Афонин В. И., Коршунков И. Н. Энциклопедия Челябинск [Электронный ресурс] // Воды поверхностные и подземные. URL: <http://www.book-chel.ru/ind.php?what=card&id=4867> (дата обращения: 10.04.2020).
28. Солодкий Н. Ф., Шамриков А. С., Погребенков В. М. Минерально-сырьевая база Урала для керамической, огнеупорной и стекольной промышленности: справочное пособие / Под ред. проф. Г. Н. Масленниковой. Томск: Изд-во ТПУ, 2009. 332 с.
29. Шкуратова И. А., Донник И. М., Трапезников А. В., Исаева А. Г., Верещак Н. А., Кривоногова А. С., Баранова А. А. Методология экологического мониторинга аграрных предприятий в зоне Урала // *Аграрный вестник Урала*. 2012. Т. 94. № 2. С. 60–62.

Об авторах:

Денис Юрьевич Нохрин¹, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, ORCID 0000-0002-4920-2338, AuthorID 397913; +7 908 061-91-92, nokhrin8@mail.ru

Наталья Алексеевна Давыдова¹, научный сотрудник, ORCID 0000-0002-3922-6141, AuthorID 502430

¹ Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия

Hydrochemical characteristics and irrigation quality of groundwater in the Sosnovskiy district of the Chelyabinsk region

D. Yu. Nokhrin¹✉, N. A. Davydova¹

¹ Ural Federal Agrarian Research Center – Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

✉ E-mail: nokhrin8@mail.ru

Abstract. The purpose of the study was to assess the quality of groundwater used for irrigation of individual plots of land, belonging to the residents of the Sosnovskiy district of the Chelyabinsk region. **Material:** 73 samples taken in wells and boreholes on the territory of private land plots, villages, villa communities and garden non-profit partnerships. **Methods:** 30 indicators of water composition were determined (common indicators – 6, major ions and carbonate ion – 8, compounds of nitrogen, phosphorus and organic matter – 5, heavy metals and silicon – 11) using capillary electrophoresis, atomic absorption, potentiometry, spectrophotometry and conductometry. Statistical analysis included: estimation of means with 95 % confidence intervals (95 % CI) calculated by bootstrap (Kaplan – Meier method was used for censored observations), relative frequencies (in percent) with 95 % CI (Jeffreys method and simultaneous CI by Wilson). Data was visualized using Piper’s and Gibbs’ diagrams. Software: PAST, Scout 2008, R, DescTool, GW_Chart, KyPlot, QGIS. **Results.** On the territory of the Sosnovsky district of the Chelyabinsk region, (Ca²⁺–Mg²⁺ and HCO₃⁻–CO₃²⁻) type groundwater prevails with a pH 7.39 (95 % CI: from 7.30 to 7.48) and a TDS 651 mg/dm³ (95 % CI: from 598 to 720). Using Piper and Gibbs diagrams, it was established that the leading processes of the water chemical composition formation are: 1) the dissolution of the calcite-dolomite series’ minerals of sedimentary rocks, 2) the dissolution and the ion exchange of feldspars in the composition of granites with calcite. For mineralization and risks of

chloride salinization, sodium salinization, magnesium salinization and soda formation, the proportion of samples with quality for irrigation purposes I and II category is 65.7 %. There are excesses of standards in the concentration of NO_3^- (24.7 % of samples), Ba (68.3 %), Cd (30.4 %), Fe (15.3 %), Mn (12.9 %), Pb (6.3 %).

Keywords: groundwater, chemical composition, Piper diagram, Gibbs diagram, hydrogeochemical processes, irrigation, quality.

For citation: Nokhrin D. Yu., Davydova N. A. *Gidrokhimicheskaya kharakteristika i kachestvo podzemnykh vod Sosnovskogo rayona Chelyabinskoy oblasti dlya tseley orosheniya* [Hydrochemical characteristics and irrigation quality of groundwater in the Sosnovskiy district of the Chelyabinsk region] // *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2020. Special issue “Biology and biotechnologies”. Pp. 56–69. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-14-56-69. (In Russian.)

Paper submitted: 12.11.2020.

References

1. Breslavskiy A. S. *Vremya izuchat' prigorody* [It's time for suburban studies] // *RUDN Journal of Sociology*. 2017. Vol. 17. No. 4. Pp. 636–644. DOI: 10.22363/2313-2272-2017-17-4-636–644. (In Russian.)
2. Rusanov A. V. *Suburbanizatsiya i zhilishchnoe stroitel'tvo v Moskovskoy oblasti* [Suburbanization and housing in the Moscow region] // *Narodonaselenie*. 2017. No. 2. Pp. 103–111. (In Russian.)
3. Nikitina T. I. *Vliyaniye demograficheskoy situatsii na uroven' ustoychivogo razvitiya sel'skikh territoriy Chelyabinskoy oblasti* [Influence of the demographic situation on the level of sustainable development of rural territories of the Chelyabinsk region] // *Vestnik of Kursk State Agricultural Academy*. 2018. No. 8. Pp. 273–278. (In Russian.)
4. *Investitsionnyy pasport rayona 2018 god* // *Ofitsial'nyy sayt Sosnovskogo munitsipal'nogo rayona Chelyabinskoy oblasti* [District investment passport 2018. Official site of the Sosnovsky municipal district of the Chelyabinsk region] [e-resource]. URL: <http://www.chelsozna.ru> (appeal date: 10.04.2020). (In Russian.)
5. Rounds S. *Alkalinity Calculator* [e-resource]. USGS Oregon Water Science Center. 2013. URL: <http://or.water.usgs.gov/alk/alk.html> (appeal date: 05.03.2020).
6. GOST R 51309-99. *Voda pit'yevaya. Opredeleniya sodержaniya elementov metodami atomnoy spektrometrii* [GOST R 51309-99. Drinking water. Determination of the content of elements by atomic spectrometry]. Moscow: Standartinform, 2010. 42 p. (In Russian.)
7. Hammer O., Harper D. A. T., Ryan P. D. *PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis* // *Palaeontologia Electronica*. 2001. No. 1. Pp. 1–9.
8. Zimmerman J. Y. *Abstract Scout* [e-resource] / EPA: National Exposure Research Laboratory Environmental Sciences. URL: <https://archive.epa.gov/esd/archive-scout/web/html> (appeal date: 02.04.2020).
9. Nocerino J., Singh A., Maichle R., Armbya N., Singh A. K. *Scout 2008 Version 1.0. User Guide Part I*. Washington: U.S. Environmental Protection Agency, 2008. 244 p.
10. *Rukovodstvo po kontrolyu i regulirovaniyu pochvennogo plodorodiya oroshayemykh zemel'* [Guidance on the control and regulation of soil fertility of irrigated lands] / Ed. V. N. Shchedrina. Novocherkassk: RosNIIPM, 2017. 141 p. (In Russian.)
11. Signorell A., et al. *DescTools: Tools for Descriptive Statistics*. R package version 0.99.34 or 12.03.2020 [e-resource]. URL: <https://cran.r-project.org/package=DescTools> (appeal date: 10.04.2020).
12. R Core Team. *R: A language and environment for statistical computing*. Austria, Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2016 [e-resource]. URL: <https://www.R-project.org> (appeal date: 10.04.2020).
13. Winston R. B. *Graphical User Interface for MODFLOW, Version 4*: U. S. Geological Survey Open-File Report 00-315, 2000. 27 p.
14. Yoshioka K. *KyPlot – A user-oriented tool for statistical data analysis and visualization*. *Computational Statistics*. 2002. Vol. 17. No. 3. Pp. 425–437.
15. *Osnovy gidrogeologii. Gidrogeokhimiya* [Fundamentals of hydrogeology. Hydrogeochemistry] / Ed. S. L. Shvartseva. Novosibirsk: Nauka, 1982. 288 p. (In Russian.)
16. Piper A. M. *A graphic procedure in geochemical interpretation of water analyses* // *Transactions of the American Geophysical Union*. 1944. Vol. 25. Pp. 914–923.
17. Durov S. A. *Klassifikatsiya prirodnikh vod i graficheskoye izobrazheniye ikh sostava* [Classification of natural waters and a graphic representation of their composition] // *Doklady AN SSSR*. 1948. Vol. 59. No. 1. Pp. 87–90. (In Russian.)
18. Ravikumar P., Somashekar R. K., Prakash K. L. *A comparative study on usage of Durov and Piper diagrams to interpret hydrochemical processes in groundwater from SRLIS river basin, Karnataka, India* // *Elixir international journal. Earth Science*. 2015. Vol. 80. Pp. 31073–31077.
19. Obeidat A. M., Rimawi O. *Characteristics and genesis of the groundwater resources associated with oil shale deposits in the Azraq and Harrana Basins, Jordan* // *Journal of Water Resource and Protection*. 2017. Vol. 9. Pp. 121–138. DOI: 10.4236/jwarp.2017.92010.
20. Ziani D., Abderrahmane B., Boumazbeur A., Benaabidate L. *Water quality assessment for drinking and irrigation using major ions chemistry in the semiarid region: case of Djacer Spring, Algeria* // *Asian Journal of Earth Sciences*. 2017. Vol. 10. No. 1. Pp. 9–21. DOI: 10.3923/ajes.2017.9.21.

21. Nyika J., Onyari E. Hydrogeochemical analysis and spatial distribution of groundwater quality in Roundhill landfill vicinity of South Africa // *Air, Soil and Water Research*. 2019. Vol. 12. Pp. 1–8. DOI: 10.1177/1178622119872771.
22. Hounslow A. *Water Quality Data: Analysis and Interpretation*. CRC Press, 1995. 416 p.
23. Gibbs R. J. *Mechanisms Controlling World Water Chemistry* // *Science, New Series*. 1970. Vol. 170. No. 3962. P. 1088–1090.
24. Marandi A., Shand P. Groundwater chemistry and the Gibbs Diagram // *Applied Geochemistry*. 2018. Vol. 97. Pp. 209–2012. DOI: 10.1016/j.apgeochem.2018.07.00.
25. Huizenga J. M. Characterisation of the inorganic chemistry of surface waters in South Africa // *Water SA*. 2011. Vol. 37. No. 3. Pp. 401–410. DOI: 10.4314/wsa.v37i3.68491.
26. Kukarin V. V., Burov A. G., Serebrovskiy A. A., Kozhevnikov A. M., Aristov A. N. Skhema territorial'nogo planirovaniya (korrektirovka) Sosnovskogo munitsipal'nogo rayona Chelyabinskoy oblasti. Poyasnitel'naya zapiska [Spatial planning scheme (adjustment) of the Sosnovsky municipal district of the Chelyabinsk region. Explanatory note] // *Materialy po obosnovaniyu skhemy territorial'nogo planirovaniya*. Chelyabinsk: PK “Golovnoy proyektnyy institut Chelyabinskgrazhdanproyekt”, 2014. 106 p. (In Russian.)
27. Afonin V. I., Korshunkov I. N. Entsilopediya Chelyabinsk. Vody poverkhnostnyye i podzemnyye [Encyclopedia Chelyabinsk. Water surface and underground] [e-resource]. URL: <http://www.book-chel.ru/ind.php?what=card&id=4867> (appeal date: 10.04.2020). (In Russian.)
28. Solodkiy N. F., Shamrikov A. S., Pogrebenkov V. M. Mineral'no-syr'yevaya baza Urala dlya keramicheskoy, ognepurnoy i stekol'noy promyshlennosti: spravochnoye posobiye [Mineral and raw materials base of the Urals for the ceramic, refractory and glass industries. Reference manual] / Ed. prof. G. N. Maslennikova. Tomsk: Izd-vo TPU, 2009. 332 p. (In Russian.)
29. Shkuratova I. A., Donnik I. M., Trapeznikov A. V., Isaeva A. G., Verechak N. A., Krivinogova A. S., Baranova A. A. Metodologiya ekologicheskogo monitoringa agrarnykh predpriyatiy v zone Urala [Methodology of monitoring of agrarian enterprises in the Ural] // *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2012. Vol. 94. No. 2. Pp. 60–62. (In Russian.)

Authors' information:

Denis Yu. Nokhrin¹, candidate of biological sciences, senior researcher, ORCID 0000-0002-4920-2338, AuthorID 397913; +7 908 061-91-92, nokhrin8@mail.ru

Natalya A. Davydova¹, researcher, ORCID 0000-0002-3922-6141, AuthorID 502430

¹Ural Federal Agrarian Research Center – Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

Особенности разработки схем оздоровительных противолейкозных мероприятий с учетом влияния эпизоотического процесса на примере Республики Башкортостан

М. В. Петропавловский¹✉, А. В. Лысов¹, А. Г. Исаева¹, А. С. Романова¹

¹ Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия

✉E-mail: Petropavlovsky_m@mail.ru

Аннотация. Проведено изучение особенностей лейкозного эпизоотического процесса в сельскохозяйственных организациях Республики Башкортостан. Объектом исследования являлся крупный рогатый скот разных половозрастных групп, включая телят до выйки молозива, телок, нетелей, стельных и дойных коров. **Цель работы** – разработка общих схем противолейкозных мероприятий, гарантирующих сокращение сроков оздоровления неблагополучных пунктов и снижение уровня инфицированности скота вирусом лейкоза. Работа была выполнена в лаборатории лейкоза отдела мониторинга и прогнозирования инфекционных болезней животных Уральского федерального аграрного научно-исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук. **Методы.** Проведен ретроспективный и оперативный анализ данных о применяемых лабораторных методах диагностики вируса лейкоза крупного рогатого скота. **Новизна** состоит в получении новых знаний о проблемах диагностики вируса лейкоза крупного рогатого скота среди популяций сельскохозяйственных животных Республики Башкортостан. Изучены особенности лейкозного эпизоотического процесса: источники, пути передачи вируса лейкоза, уровень инфицированности и заболеваемости вирусом лейкоза КРС в обследуемых хозяйствах районов Республики Башкортостан. **Результаты.** На основе полученных данных разработаны общие схемы противолейкозных мероприятий, гарантирующих сокращение сроков оздоровления неблагополучных пунктов и снижение уровня инфицированности скота вирусом лейкоза.

Ключевые слова: лейкоз крупного рогатого скота, диагностика, эпизоотический процесс, Республика Башкортостан, диагностические исследования, полимеразная цепная реакция, противоэпизоотические мероприятия.

Для цитирования: Петропавловский М. В., Лысов А. В., Исаева А. Г., Романова А. С. Особенности разработки схем оздоровительных противолейкозных мероприятий с учетом влияния эпизоотического процесса на примере Республики Башкортостан // Аграрный вестник Урала. 2020. Специальный выпуск «Биология и биотехнологии». С. 70–80. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-14-70-80.

Дата поступления статьи: 30.10.2020.

Постановка проблемы (Introduction)

Вирус лейкоза крупного рогатого скота (ВЛ КРС) – РНК-содержащий онкогенный вирус, вызывающий злокачественное лимфопролиферативное заболевание животных. В соответствии с классификацией Международного комитета таксономии вирусов (ICTV) относится к семейству Retroviridae. Особенностью вирусов этого семейства является способность их генома встраиваться в геном клетки хозяина и существовать в форме провируса [7]. При этом у инфицированных животных не проявляются клинические признаки заболевания. Продолжительность данного периода может составлять от нескольких месяцев до нескольких лет. Возбудитель преимущественно поражает В-лимфоциты и вызывает персистентный лимфоцитоз у 30–70 % инфицированного скота. Размножается возбудитель в лимфоидных клетках [8]. Естественным хозяином вируса лейкоза в природе является крупный рогатый скот. Зараженный крупный рогатый скот остается инфицированным пожизненно [2], [16].

В настоящее время лейкоз является одним из наиболее распространенных хронических инфекционных заболеваний среди крупного рогатого скота во многих странах мира [10], [11], [14]. По официальным данным в Российской Федерации, удельный вес заболевания составляет более 40 % (1876 административно-территориальных пунктов зарегистрированы как неблагополучные по лейкозу крупного рогатого скота), при этом инфицированность животных в некоторых из них достигает 80 % [9], [12], [16].

Такая ситуация связана с тем, что во многих субъектах Российской Федерации недостаточно полно проводится работа по ликвидации вируса лейкоза. Инфицированные и гематологически больные животные остаются в стадах, что приводит к перезаражению здорового поголовья крупного рогатого скота [3], [16].

Долгое время из-за отсутствия научных доказательств опасности лейкоза ему не придавали значения. Однако со временем было доказано, что молоко и мясо от инфицированных лейкозом коров не могут быть полноценными.

Накапливающиеся при прогрессировании лейкозного процесса у инфицированных и гембольных животных метаболиты являются канцерогенными для человека [4], [5], [6], [10], [13].

До сих пор основными и единственными методами борьбы с ВЛ КРС являются выбраковка больных и изоляция инфицированных животных [3], [6]. В рамках проведения оздоровительных противолейкозных мероприятий первостепенное значение имеет своевременная и точная диагностика ВЛ КРС [1], [2], [6], [9], [16].

Специалисты Уральского федерального аграрного научно-исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук (УрФАНИЦ УрО РАН) имеют большой опыт в ликвидации заболевания. Так, благодаря их участию в принятой ранее в Уральском регионе Целевой программе комплексных оздоровительных противолейкозных мероприятий, которая активно реализуется в общественном и частном секторе животноводства на территории Свердловской области, уровень инфицированности животных ВЛ КРС в последние 7 лет не превышает 0,04 % [3]. Результативность выполнения аналогичной целевой программы в Тюменской области характеризовалась уменьшением числа неблагополучных по лейкозу пунктов с 307 в 2002 г. до 48 в 2018 г. и снижением уровня инфицированности поголовья крупного рогатого скота вирусом лейкоза с 33,1 % до 3,3 % в соответствующие годы.

Цель работы – изучить особенности лейкозного эпизоотического процесса в обследуемых хозяйствах районов Республики Башкортостан с целью разработки общих схем противолейкозных мероприятий, гарантирующих сокращение сроков оздоровления неблагополучных пунктов и снижение уровня инфицированности скота вирусом лейкоза.

Новизна исследований заключается в том, что получены новые знания о проблемах диагностики вируса лейкоза крупного рогатого скота среди популяций сельскохозяйственных животных Республики Башкортостан. Были изучены особенности лейкозного эпизоотического процесса: источники, пути передачи вируса лейкоза, уровень инфицированности и заболеваемости вирусом лейкоза КРС в обследуемых хозяйствах районов Республики.

На основе полученных данных разработаны общие схемы противолейкозных мероприятий, гарантирующие сокращение сроков оздоровления неблагополучных пунктов и снижение уровня инфицированности скота вирусом лейкоза. Проведены территориальные совещания руководителей и специалистов хозяйств с представлением анализа эпизоотической ситуации в регионе и освещением эффективных методик оздоровления поголовья крупного рогатого скота от вируса лейкоза. Запланировано научно-методическое сопровождение реализации схем противолейкозных мероприятий в обозначенных сельскохозяйственных предприятиях в 2020 г.

Методология и методы исследования (Methods)

Исследования выполнены в лаборатории лейкоза отдела мониторинга и прогнозирования инфекционных болезней УрФАНИЦ УрО РАН в рамках направления 160 Программы ФНИ государственных академий наук на 2013–2020 гг. по теме «Разработка теоретических основ

для создания и внедрения программы мониторинга, диагностики, лечебно-профилактических и оздоровительных мероприятий по защите животных от эпизоотически значимых инфекционных болезней».

Работа выполнена в сельскохозяйственных предприятиях 6 районов Республики Башкортостан. Была запланирована разработка схем противолейкозных мероприятий в хозяйствах с учетом эпизоотических и экономических особенностей субъектов.

Анализ данных включал результаты серологического (РИД, ИФА) и гематологического контроля, проводимого ветеринарными лабораториями Республики Башкортостан за 2019 г.

Ретроспективный и оперативный анализ данных о применяемых лабораторных методах диагностики вируса лейкоза крупного рогатого скота в обследуемых районах Республики был проведен по материалам ветеринарной отчетности сельскохозяйственных предприятий (СХП) и статистическим данным Управления ветеринарии Республики Башкортостан за 2019 год (I–III кварталы).

Объект исследований – крупный рогатый скот, принадлежащий сельскохозяйственным предприятиям Республики Башкортостан (новорожденные телята до выпойки молозива, телята, телки, стельные коровы).

Результаты (Results)

Анализ организации и проведения оздоровительных противолейкозных мероприятий в Республике Башкортостан

При изучении особенностей лейкозного эпизоотического процесса (источников, путей передачи вируса лейкоза, уровня инфицированности и заболеваемости вирусом лейкоза КРС) в хозяйствах районов Республики Башкортостан было установлено:

1) основным источником распространения инфекции является инфицированное вирусом лейкоза поголовье крупного рогатого скота, содержащееся совместно со здоровыми животными;

2) ввиду отсутствия программ оздоровления стад от вируса лейкоза наиболее распространенным путем передачи инфекции является горизонтальный – от животного-вирусоносителя к здоровому животному. Данных по уровню инфицированности молодняка в 6-месячном возрасте не представлено, соответственно, говорить о значимости вертикального пути передачи вируса (от инфицированной коровы к теленку в период стельности) не представляется возможным;

3) специалистами государственной ветеринарной службы проводятся двукратные весенние и осенние серологические исследования всего поголовья в РИД.

Однако ввиду особенностей заболевания широким его распространением в районах Республики Башкортостан и большого числа РИД (+) животных, можно предположить:

1) гематологические животные (с повышенной провирусной нагрузкой) передерживаются в популяции крупного рогатого скота, что значительным образом усугубляет и так (в совокупности с высокой техногенной нагрузкой) довольно сложную эпизоотическую ситуацию;

2) в единичных сельскохозяйственных организациях проводится искусственное осеменение, практически во

всех хозяйствах практикуется естественная случка инфицированными быками «домашней селекции»;

3) в большинстве обследованных предприятий отсутствуют отдельные родильные помещения, а отелы проводятся на местах, в помещениях отсутствуют емкости для дезинфекции и удаления последов, а также оборудование и инвентарь для работы с инфицированными животными;

4) во многих сельскохозяйственных предприятиях новорожденные телята не имеют идентификационных бирок.

В качестве предложений рекомендовано:

1. Разработать комплексную программу профилактики и ликвидации лейкоза крупного рогатого скота на территории Республики Башкортостан с предусмотрением софинансирования и поддержки со стороны администрации Республики.

2. Серологические исследования животных проводить до однократного получения положительного результата, в дальнейшем положительно реагирующие животные переводятся на гематологические исследования. Необходимо предусмотреть при этом механизм компенсации затрат на проведение дополнительных исследований, выезд специалистов и трудозатрат, связанных с забором материала. Следует оценить степень готовности ветеринарных лабораторий, планы и график работы лабораторных сотрудников.

Также главным эпизоотологам республиканской и районных ветеринарных станций, специалистам лабораторий следует ввести единые формы для регистрации и статистической обработки результатов диагностических исследований (серологических, молекулярно-генетических, гематологических) по половозрастным группам в разрезе районов, сельскохозяйственных предприятий неблагополучных пунктов.

3. Следует проводить гематологические исследования РИД (+) животных 2 раза в год. При получении положительного результата по гематологии необходимо незамедлительно (не более 14 дней) сдать животное на пункт специализированного санитарного убоя, а пункт происхождения животного объявить неблагополучным. В связи с прогнозируемым увеличением числа гематологически больных животных, рекомендуется провести аудит возможностей проведения специализированных убоев в районах Республики с обязательным закреплением за обслуживаемыми территориями убойных пунктов и утверждением графика приема на убой больных животных.

4. Изолировать РИД (+) животных от РИД (-), соблюдать рекомендованные схемы передвижения поголовья, порядок диагностических, ветеринарно-санитарных мероприятий.

5. Разработать механизм организации и стопроцентного внедрения искусственного осеменения в животноводческих предприятиях всех районов Республики.

6. Согласовать с руководством Республики механизм финансовой помощи предприятиям, активно внедряющим и реализующим оздоровительные противолейкозные мероприятия. Поддержка может заключаться в помощи по приобретению здоровых (РИД (-)) нетелей, расходных материалов (пробирок, игл, дезинфектантов, прочего ин-

вентаря, пастеризаторов, ЗЦМ (заменителей цельного молока)) и т. д.

Основные мероприятия, реализуемые при оздоровлении поголовья крупного рогатого скота от вируса лейкоза

На основе полученной и обработанной ветеринарной отчетности в разрезе сельскохозяйственных предприятий невозможно разработать индивидуальные схемы оздоровительных мероприятий, поэтому мы даем общие рекомендательные блоки.

Изучив общие подходы оздоровления неблагополучных стад от вируса лейкоза крупного рогатого скота, руководители хозяйств и зооветеринарные специалисты самостоятельно смогут выбрать наиболее подходящие под свои условия инструменты, а также адаптировать и применить их при разработке оздоровительных мероприятий непосредственно на своем неблагополучном пункте.

Для доступности и упрощения понимания процесса построения оздоровительных схем все мероприятия разбиты на блоки.

Блок 1. Процедура случки

Для этого все хозяйства распределены на три группы (рис. 1):

1. *Стада, находящиеся на оздоровлении, состоящие из условно чистого поголовья (РИД (-)).* В этих стадах необходимо полностью исключить быков-производителей и проводить только искусственное осеменение.

2. *Поголовья совместного содержания (РИД (-) и РИД (+)).* Использование быков-производителей также недопустимо, ввиду того что быки являются основным фактором передачи вируса лейкоза от РИД (+) животных к РИД (-). Контролировать процесс осеменения с использованием быков невозможно, т. к. они находятся на свободном перемещении в помещениях фермы. Следовательно, необходимо также полный перевод на искусственное осеменение.

3. *Неблагополучный пункт, в котором содержится РИД (+) поголовье, находящееся на гематологических исследованиях.* Допустимо применение быков в качестве осеменителей. При этом необходимо усилить контроль над кратностью исследований материала от данных быков. В отличие от коров, которых исследуют в данной группе 2 раза в год гематологическим методом, быков необходимо подвергать серологическим исследованиям как минимум 4 раза в год. В случае РИД (+) результата животных выводят из племенной работы и заменяют на «чистых» производителей.

Тем самым в I и II группах исключен фактор распространения вируса лейкоза при естественной случке, т. к. применен только метод искусственного осеменения. В группе III данный фактор не исключается, но исходя из практики процент вирусоносительства у телят, полученных от РИД (+) коров, составляет не более 5–8 %. Соответственно, данный показатель для конкретного поголовья животных является абсолютно несущественным.

Блок 2. Отелы

Необходимо рассмотреть, есть родильное помещение на ферме или нет.

При наличии родильного помещения следует предусмотреть разделение на зоны:

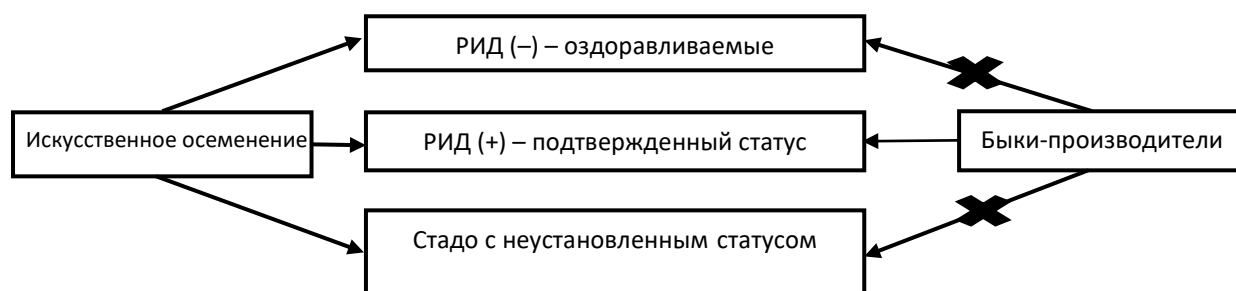


Рис. 1. Варианты методов осеменения в зависимости от статуса стада

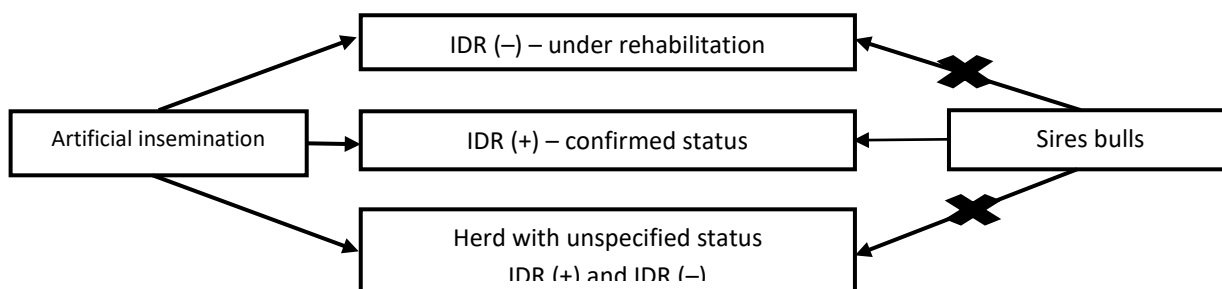


Fig. 1. Insemination options based on herd status

1. Выделение отдельных мест для отела РИД (+) и РИД (-) коров. Лучше разводить коров по разным сторонам отделения (например, РИД (+) по правому ряду, РИД (-) по левому ряду, при технологической возможности помещения. Если это невозможно, то необходимо в помещении размещать РИД (-) коров в местах, где навозоудаление происходит на начальном этапе. РИД (+) коров следует размещать таким образом, чтобы прохождение и удаление навоза у них производилось последнюю очередь. Таким образом, исключается распространение патологических жидкостей, околоплодных вод, плацентарных оболочек, фрагментов биоматериала, инфицированного вирусом лейкоза от РИД (+) коров, по помещению с транспортером в сторону РИД (-) животных.

2. Между местами для отела РИД (+) и РИД (-) коров необходимо сделать технологический разрыв, исключающий контакт животных.

3. Для РИД (-) и РИД (+) групп животных необходимо предусмотреть отдельный инвентарь, который следует поместить в емкости (желательно пластиковые), постоянно наполненные дезинфицирующим раствором. Таким образом, все скребки, метлы необходимо использовать для групп РИД (+) и РИД (-) коров отдельно. Инвентарь, предназначенный для использования в группе животных-вирусоносителей, должен быть визуализирован путем покраски в красный цвет черенков и нанесением визуальных меток, указывающих на предназначение для РИД (+) группы.

4. Над местами для отела РИД (+) животных следует разместить фанерные таблички с красным крестом (для визуального восприятия). Там, где телятся РИД (-) коровы, можно также повесить информационные щитки с зеленой меткой РИД (-).

5. Обязательно предусмотреть в родильном отделении наличие емкости для сбора и транспортировки последа (герметично закрывающаяся или прикрывающаяся крышкой емкость). Наличие в свободном доступе раствора или сухого дезинфицирующего средства с целью обработки места отела и засыпки околоплодных оболочек.

6. Если в родильном помещении предусмотрено размещение индивидуальных клеток для телят с момента рождения до 7-го дня, то эти клетки должны также быть промаркированы, следует исключать возможность контакта телят с матерями, особенно вирусоносителями.

При отсутствии родильного отделения на территории фермы (корпуса) необходимо выделить места для отела РИД (-) и РИД (+) коров. Места для РИД (-) животных должны находиться на территории расположения РИД (-) групп, в конечных точках навозоудаления, т. е. группа телящихся коров следует разместить на самых последних местах. Для РИД (+) коров отдельно необходимо предусмотреть места для отелов и инвентарь, используемый для обслуживания (см. п. 3 выше). Должна быть емкость с дезинфицирующими средствами для обработки родового места после отела, для засыпки последа. Клетки с телятами от РИД (+) и РИД (-) коров должны быть разделены и промаркированы. Специалист, ответственный за технический учет животных, присваивает индивидуальный номер и ведет учет – историю животного, зная, от какой коровы получено потомство.

Блок 3. Технология кормления (применять для телок)

Молозивный период (с рождения до 5–7-го дня):

1. Свежее молозиво от РИД (-) коров.
2. Создание банка молозива (организуется заморозка молозива, полученного от коров свободных от вируса лейкоза).
3. Выпаивание молозива от матери (при вирусоносительстве – нежелательно).

Перевод на ЗЦМ или молоко (с 5–7-го дня):

1. Перевод на ЗЦМ (наиболее оптимальный вариант).
2. Сырое молоко от коров РИД (-).
3. Пастеризация молока.
4. Выпойка сборного сырого молока (нежелательный вариант).

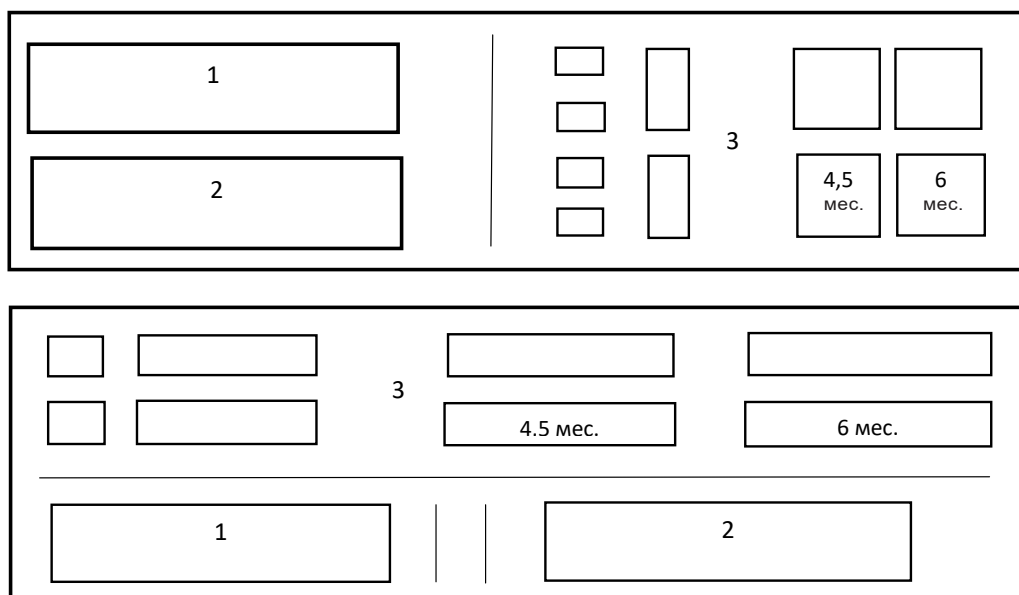


Рис. 2. Размещение родильных мест в зависимости от технологии содержания:
 а) при наличии родильного отделения (вариант 1),
 б) при наличии родильного отделения (вариант 2).
 1 – места отела РИД (-) коров, 2 – места отела РИД (+) коров,
 3 – зоны содержания телят (телок) (индивидуальные и групповые клетки)

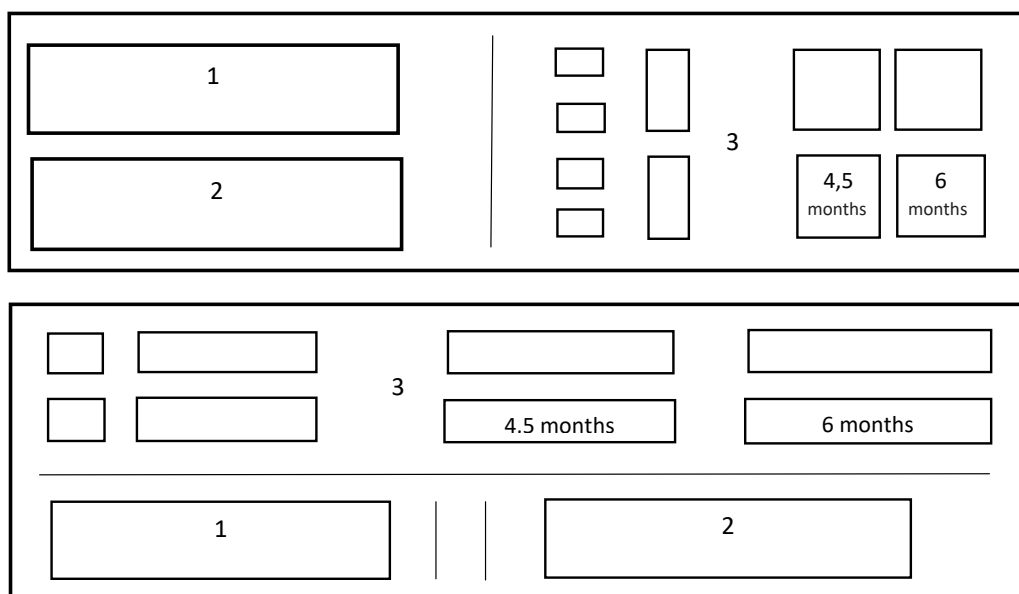


Fig. 2. Allocation of maternity places depending on the management technology
 a) subject to the availability of maternity barn (option 1),
 b) subject to the availability of maternity barn (option 2).

1 – place of IDR (-) cows calving, 2 – place of IDR (+) cows calving, 3 – calves (heifers) keeping zones (individual and group cages)

Блок 4. Содержание телят

Телята находятся в индивидуальных домиках первые 5–7 дней.

Необходимо сразу акцентировать внимание на том, что телята подвергаются обязательной идентификации при рождении. Сотрудник фермы, принимающий отел, должен иметь свободный доступ к номерным ошейникам (см. рис. 2). Бирку в случае утери следует незамедлительно обменять на новую с тем же номером либо с присвоением нового номера. Данную информацию регистрируют в журнале учета.

Через 5–7 дней животных переводят в групповые клетки. Расстановка групповых клеток в телятнике должна быть организована таким образом, чтобы телята (телки), полученные от РИД (-) коров перемещались совместно одним потоком, а телята (телки), полученные от РИД (+) коров, перемещались изолированно от первой группы. В данном случае исключается риск заражения животных до момента первого исследования, которое рекомендовано проводить в реакции иммунодиффузии (РИД) в 4,5 месяца, т. е. каждую группу исследуют отдельно. При получении положительных результатов в проведении повторных исследований нет необходимости.

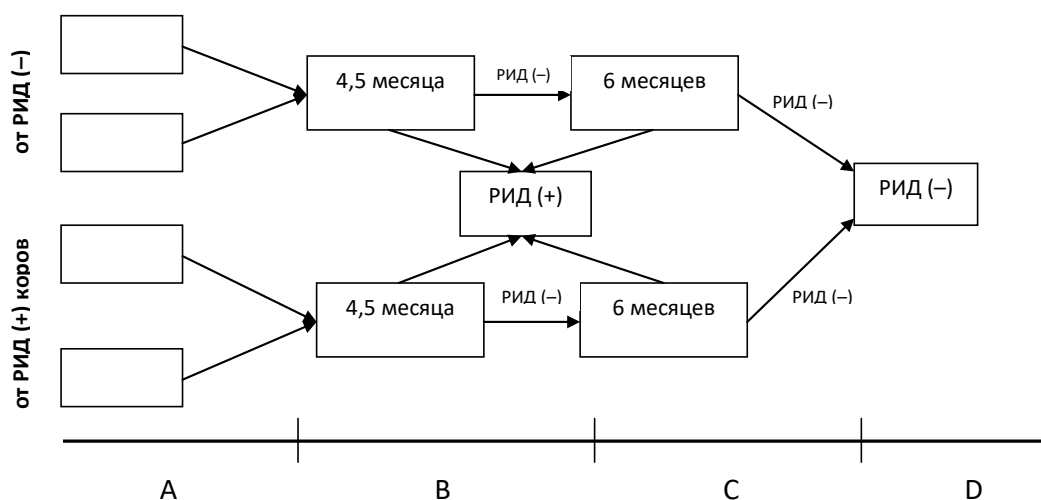


Рис. 3. Содержание и исследование телок:
 А – индивидуальные клетки, В, С – групповые клетки,
 D – перевод в группы доращивания (серологические исследования каждые 3 месяца)

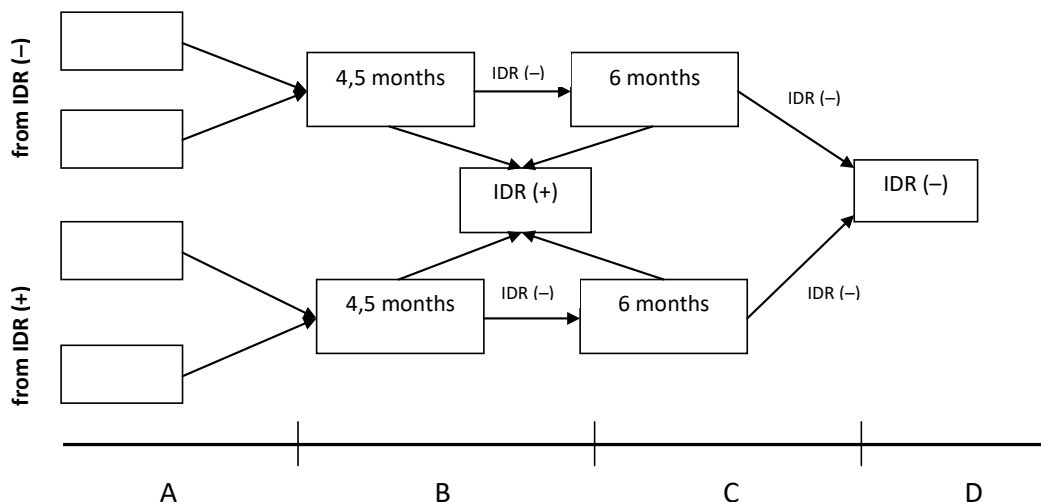


Fig. 3. Heifers keeping and research:
 A – individual cages, B, C – group cages, D – transfer to nursery groups (serological tests every 3 months)

В 6 месяцев проводится повторное исследование. По результатам исследований формируется объединенная группа РИД (-) телок. Все последующие исследования на этих телках проводят ежеквартально.

Животных, получившие статус РИД (+), незамедлительно изолируют. Данным животным присваивают статус вирусоносителей и в зависимости от экономической возможности хозяйства (от общего количества таких животных, возможности перевода в другое отделение) их переводят в другое отделение для дальнейшего полноценного содержания с получением потомства или перемещают в группы откорма. С целью исключения распространения вируса лейкоза в частном секторе, не рекомендуется реализовывать населению инфицированных, а также с неустановленным статусом по данному заболеванию животных всех половозрастных групп.

Специалистам фермы необходимо предусмотреть отдельное содержание «чистой» группы телок не только в клетках, но и на выгульных двориках (выпасах). Ни в коем случае не допускается совместный выпас (выгулы) РИД (+) и РИД (-) животных. В случае если животные пере-

секаются, необходимо сперва выводить на выпас группу РИД (-) животных и только потом РИД (+).

Схему отчетности по ветеринарным лабораторным исследованиям следует вести четко и прозрачно. В таблицах данных должны быть отображены все периоды проведения исследований (4,5 месяца, 6 месяцев, 9 месяцев, 12 месяцев и т. д.) и все обследуемые группы (таблица 1). К форме отчетности по результатам диагностических исследований на лейкоз следует в обязательном порядке прилагать форму отчетности зоотехнического учета поголовья (с указанием фактического поголовья).

Блок 5. Размещение поголовья КРС в помещениях

По данным многолетних исследований установлена корреляция между динамикой эпизоотического процесса и технологией содержания крупного рогатого скота на предприятиях (беспривязное содержание и привязное содержание).

При беспривязном содержании помещения фермы бывает бесперегородочным и зонированным. При привязном содержании размещение стандартное (с различной наполняемостью).

Таблица 1

Форма отчетности по результатам диагностических исследований на лейкоз

| № п/п | Хозяйство, отделение, ферма | Результаты проведения серологических исследований (РИД) на лейкоз крупного рогатого скота | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|-----------------------------|---|-------|---------|---|-------------|-------|---------|---|-------------------------|-------|---------|---|-----------------------------|-------|---------|---|----------------------------|-------|---------|---|--|--|--|--|
| | | Коровы | | | | Нетели | | | | Телки случного возраста | | | | Телки 12-месячного возраста | | | | Телки 9-месячного возраста | | | | | | | |
| | | Всего голов | Иssl. | РИД (+) | % | Всего голов | Иssl. | РИД (+) | % | Всего голов | Иssl. | РИД (+) | % | Всего голов | Иssl. | РИД (+) | % | Всего голов | Иssl. | РИД (+) | % | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| № п/п | Хозяйство, отделение, ферма | Результаты проведения серологических исследований (РИД) на лейкоз крупного рогатого скота | | | | | | | | | | | | Гематологические исследования | | | | | | |
|-------|-----------------------------|---|-------|---------|---|------------------------------|-------|---------|---|-------------|-------|---------|---|-------------------------------|-----------|---|--|--|--|--|
| | | Телки 6-месячного возраста | | | | Телки 4,5-месячного возраста | | | | Быки | | | | Всего проб | Всего г/б | % | | | | |
| | | Всего голов | Иssl. | РИД (+) | % | Всего голов | Иssl. | РИД (+) | % | Всего голов | Иssl. | РИД (+) | % | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Table 1
Reporting form based on the results of diagnostic tests for leukemia

| No. | Household, branch, farm | Results of serological studies (IDR) for bovine leukemia | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|-------------------------|--|---------|---------|---|-------------|---------|---------|---|----------------------|---------|---------|---|------------------|---------|---------|---|-----------------|---------|---------|---|
| | | Cows | | | | Heifers | | | | Breeding age heifers | | | | 12-month heifers | | | | 9-month heifers | | | |
| | | Total heads | Studied | IDR (+) | % | Total heads | Studied | IDR (+) | % | Total heads | Studied | IDR (+) | % | Total heads | Studied | IDR (+) | % | Total heads | Studied | IDR (+) | % |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| No. | Household, branch, farm | Results of serological studies (IDR) for bovine leukemia | | | | | | | | | | | | Hematologic study | | |
|-----|-------------------------|--|---------|---------|---|-------------------|---------|---------|---|-------------|---------|---------|---|-------------------|-----------|---|
| | | 6-month heifers | | | | 4.5-month heifers | | | | Bulls | | | | Total samples | Total h/d | % |
| | | Total heads | Studied | IDR (+) | % | Total heads | Studied | IDR (+) | % | Total heads | Studied | IDR (+) | % | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |

Сложнее процесс оздоровления проходит в хозяйствах с беспривязной технологией содержания и отсутствием технической возможности разделения помещения на группы (зоны). В данном случае руководителю СХП, инженерной, зоотехнической служб необходимо пересматривать имеющиеся помещения на предмет их полной реконструкции и разделения на зоны, организацию санитарных разрывов (для изолированного размещения РИД (+) и РИД (-) групп животных в пределах одного помещения).

Для беспривязного зонированного помещения необходимо просчитать общее поголовье, процент инфицированных коров и инфицированных нетелей от общего поголовья. В зависимости от полученных результатов распределяются зоны под содержание РИД (-) и РИД (+) животных. При этом необходимо учитывать такой технологический процесс, как навозоудаление. Ни в коем случае не допускается размещение свободных от вируса лейкоза животных в той части помещения, где навоз проходит конечные этапы транспортировки. Животных РИД (-) размещают на начальном этапе цикла навозоудаления, таким

образом исключают попадание и прохождение через клетки с «чистыми» животными навоза от вирусоносителей.

Привязное содержание (животные находятся на цепи) – в стандартном четырехрядном помещении (имеется 4 ряда с технологическим проходом, рассчитано на содержание 200 голов). Навозоудаление осуществляется двумя транспортерами. Кормление происходит через два кормораздаточных прогона. Дойка, как правило, механизированная (применяется вакуумная доильная система), отбор молока идет в бак или на молокопровод.

При одновременном содержании РИД (+) и РИД (-) коров, после установления статуса стада, животным с лейкозом рекомендовано, помимо цветного биркования, провести таврование буквой Л путем выжигания или с применением жидкого азота.

При распределении животных необходимо размещать группами. Группы должны идти по длинному прогону на 2 доярки (50 голов). Животных, свободных от вируса лейкоза, ставят в начальной точке навозоудаления. Пополнение групп «чистыми» нетелями проводят по ленте транспор-

тера навоза в сторону сброса. Обязательное условие при размещении животных – между чистыми от вируса лейкоза и животными-вирусоносителями необходимо предусмотреть наличие 1–2 пустых мест для исключения прямого контакта животных-вирусоносителей со здоровыми животными.

Если в помещении находятся животные с разным статусом, то обязательно должны быть две емкости с дезраствором и два набора инструментов для чистки с обязательной визуализацией набора, используемого для РИД (+) животных.

Дойку проводят также, начиная с «чистых» коров, с перемещением в сторону вирусоносителей. При необходимости использования молока, полученного от животных, свободных от вируса лейкоза, для выпойки телятам необходимо определить доярку и обеспечить ее отдельной тарой. Таким образом, исключается фактор передачи вируса лейкоза через молоко.

Введение в оборот дойного стада «чистых» нетелей также следует проводить группами, придерживаясь принципа отдельного размещения РИД (+) и РИД (–) животных.

Таблица 2

Схема оздоровления в зависимости от уровня инфицированности дойного стада

| Менее 15 % Схема 1 | От 15 % до 50 % Схема 2 | Свыше 50 % Схема 3 |
|---|---|---|
| Изоляция РИД (+) коров. Поголовье исследовать в РИД (интервал не более 2 месяцев) | Разделение и перегруппировка РИД (–) и РИД (+) коров. Группу РИД (–) исследовать в РИД (ежеквартально). Группу РИД (+) исследовать гематологически (2 раза в год) | Все поголовье коров перевести на гематологические исследования (2 раза в год). Гематологически больных животных сдавать на убой (немедленно) |
| Изолированных РИД (+) коров после отела не использовать в воспроизводстве стада. Телок, рожденных от РИД (+) коров, исследуют в ПЦР в 15 дней. Исследования в РИД следует проводить по схеме в 4,5, затем 6 месяцев с последующими ежеквартальными исследованиями | Исследования телок в РИД проводить по схеме в 4,5, затем 6 месяцев с последующими ежеквартальными исследованиями | Исследования телок в РИД проводить по схеме в 4,5, затем 6 месяцев с последующими ежеквартальными исследованиями |
| Телок, показавших положительный результат в ПЦР и РИД, перевести в группу откорма. Этих животных не допускают к использованию при воспроизводстве стада | Формирование РИД (–) групп нетелей. Введение в основное стадо группами. Соблюдение правила «пустого места» (наличие технологического разрыва между РИД (–) и РИД (+) животными, стоящими в одном ряду). Предусмотреть раздельный выгул и выпас РИД (–) и РИД (+) групп животных При уровне инфицированности ниже 15 % стадо переводится на схему 1 | Формирование РИД (–) групп нетелей. Введение в основное стадо группами. Соблюдение правила «пустого места» (наличие технологического разрыва между РИД (–) и РИД (+) животными, стоящими в одном ряду). При уровне инфицированности ниже 50 % стадо переводится на схему 2 |

Table 2

Rehabilitation scheme depending on the level of infection of the dairy herd

| Less than 15 % Scheme 1 | From 15 % to 50 % Scheme 2 | Over 50 % Scheme 3 |
|---|---|--|
| Isolation of IDR (+) cows. Livestock to be studied in IDR (interval no more than 2 months) | Separation and regrouping of IDR (–) and IDR (+) cows. Research of the IDR (–) group in IDR (quarterly). The IDR (+) group should be examined hematologically (2 times a year) | All cows to be transferred to hematological studies (2 times a year). Hematologically sick animals must be slaughtered (immediately) |
| Do not use isolated IDR (+) cows after calving in herd reproduction Heifers born from IDR (+) cows are examined by PCR at 15 days. Research in IDR should be carried out according to the scheme of 4.5, then 6 months, followed by quarterly studies | Research of heifers in IDR should be carried out according to the scheme of 4.5, then 6 months, followed by quarterly studies. | Research of heifers in IDR should be carried out according to the scheme of 4.5, then 6 months, followed by quarterly studies |
| Heifers that showed a positive result in PCR and IDR should be transferred to the feeding group. These animals are not allowed to be used for herd reproduction | Formation of IDR (–) heifer groups. Introduction to the main herd in groups. Compliance with the rule of "empty space" (presence of technological gap between IDR (–) and IDR (+) animals standing in the same row). Provide for separate walking and grazing of IDR (–) and IDR (+) groups of animals. If the infection rate drops below 15%, the herd is transferred to scheme 1 | Formation of IDR (–) heifer groups. Introduction to the main herd in groups. Compliance with the rule of "empty space" (presence of technological gap between IDR (–) and IDR (+) animals standing in the same row). If the infection rate drops below 50%, the herd is transferred to scheme 2 |

Основной проблемой является перезаражение при выпасах. При совместных выпасах увеличивается число вирусоносителей. Выпас проводят отдельными группами с разным статусом.

Исследование маточного поголовья на вирус лейкоза при различных уровнях инфицированности стада

Уровень инфицированности (при контрольном обследовании):

1. *До 15 % вирусоносителей* – группу признают вирусоносителями по РИД. Отделяют, изолируют, выводят из основного стада все РИД (+) поголовье. Оценивают физиологическое состояние положительно реагирующих коров (стельная, глубокая), экономические показатели по надоям. Животных, признанных высокоценными, можно содержать в хозяйстве, если это экономически обосновано и технологически возможно. Выбытие из оборота стада данных коров происходит постепенно методом вытеснения: путем замены поступающими РИД (–) нетелями.

Основное поголовье (85 %) исследуют каждые 3 месяца до получения двух отрицательных результатов в РИД. Через 3 месяца рекомендуется провести дополнительное параллельное исследование РИД и ИФА. При получении отрицательного результата поголовье признают свободным, а ферму считают «чистой».

Однако необходимо контролировать животных, рожденных от РИД (+) матерей, отслеживать данные лабораторных исследований до получения трех отрицательных РИД.

Процесс оздоровления данных ферм занимает не менее 3 лет.

2. *От 15 % до 50 % вирусоносителей*. В данном случае, если животные содержатся внутри одного помещения, стадо рекомендуется разделить на две группы: вирусоносители и животные, свободные от вируса лейкоза. Данные группы должны быть разделены не только в период нахождения в помещении, но и при выгуле на выгульных дворах и при выпасе на пастбищах. За данными группами оптимальнее всего закрепить отдельный обслуживающий персонал. Инвентарь должен быть отдельный, промаркированный и визуализированный (окрашенный в красный цвет).

Группы коров с установленным диагнозом вирусоносительства (РИД (+)) подвергаются гематологическим ис-

следованиям 2 раза в год (перед выходом на пастбище – в апреле, после постановки на зимне-стойловый период – в октябре). Все животные, признанные гематологически больными, немедленно изолируются и сдаются на диагностический убой в течение не более 14 дней. Данные сроки не прописаны ветеринарным законодательством, но передержка животных с гематологической формой заболевания влечет за собой увеличение риска заражения животных, свободных от вируса лейкоза.

Вторая половина стада, свободная от вируса лейкоза, находится на ежеквартальном исследовании по реакции иммунодиффузии. Всех положительных животных маркируют и переводят в группу РИД (+) животных.

3. *Свыше 50 % вирусоносителей*. В данном случае необходимо просчитать экономическую целесообразность проведения серологических исследований. Как правило, оптимальнее дойное стадо перевести на гематологические исследования независимо от последних результатов без разделения на группы и проводить работу по оздоровлению стада путем выращивания чистых РИД (–) нетелей. Это будет экономически эффективнее, чем проводить раздельное исследование серологически и гематологически.

Это поголовье коров исследуют гематологически 2 раза в год, при получении положительной реакции по гематологии животное сдают на убой.

Вышеперечисленные мероприятия необходимо учитывать при разработке индивидуальных оздоровительных программ и внесении корректирующих мероприятий в ранее разработанные схемы оздоровления неблагополучных пунктов от вируса лейкоза крупного рогатого скота.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Проведен ретроспективный и оперативный анализ данных о применяемых лабораторных методах диагностики вируса лейкоза крупного рогатого скота.

В ходе выполнения работы были изучены особенности лейкозного эпизоотического процесса: источники, пути передачи вируса лейкоза, уровень инфицированности и заболеваемости вирусом лейкоза КРС в обследуемых хозяйствах районов Республики Башкортостан.

На основе полученных данных разработаны общие схемы противолейкозных мероприятий, гарантирующие сокращение сроков оздоровления неблагополучных пунктов и снижение уровня инфицированности скота вирусом лейкоза.

Библиографический список

1. Безбородова Н. А., Кожуховская В. В. Значение молекулярно-биологических методов исследования для диагностики инфекционных болезней крупного рогатого скота // Актуальные вопросы ветеринарной биологии. 2018. № 4 (40). С. 22–25.
2. Донник И. М., Шкуратова И. А., Кривоногова А. С., Петропавловский М. В. [и др.] Методы лабораторной диагностики лейкоза: учебное пособие. Екатеринбург: Уральский государственный аграрный университет, 2015. 48 с.
3. Донник И. М., Красноперов В. А., Татарчук А. Т. [и др.] Результативность комплексных мероприятий борьбы с лейкозом крупного рогатого скота на Среднем Урале // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. 2015. № 2. С. 42–46.
4. Кузнецова Т. В., Кузнецов А. А., Кириллова С. В. Технический регламент ТС «О безопасности молока и молочной продукции» и экономические аспекты его реализации молочными товаропроизводителями России // Агропродовольственная политика России. 2015. № 12 (48). С. 35–38.
5. Свириденко Г. М. Проблема безопасности молочных продуктов в связи с лейкозом крупного рогатого скота // Молочная промышленность, 2017. № 8, С. 13–16.
6. Bartlett P. C., Sordillo L. M., Byrem T. M., et al. Options for the control of bovine leukemia virus in dairy cattle. Journal of the American Veterinary Medical Association. 2014. No. 244. Pp. 914–922.

7. De Brogniez A., Mast J., Willems L. Determinants of the Bovine Leukemia Virus Envelope Glycoproteins Involved in Infectivity, Replication and Pathogenesis // *Viruses*. 2016. No. 8 (4). P. 88. DOI: 10.3390/v8040088.
8. Frie M. C., Coussens P. M. Bovine leukemia virus: a major silent threat to proper immune responses in cattle // *Veterinary Immunology and Immunopathology*. 2015. Vol. 163 (3-4). Pp. 103–114. DOI: 10.1016/j.vetimm.2014.11.014.
9. Gulyukin M. I., O Kapustina. V., Ezdakova I. Yu., Valtsiferova S. V., Stepanova T. V., Anoyatbekov M. Detection of specific antibodies of classes G and M to bovine leukemia virus in the blood serum [e-resource] // *Problems of Virology, Russian journal*. 2019. No. 64 (4). Pp. 173–177. URL: <https://doi.org/10.36233/0507-4088-2019-64-4-173-177> (appeal date: 01.06.2020).
10. LaDronka R. Impact of bovine leukemia virus on herd level production indicators on U. S. dairy farms // In: 97th Annual Meeting of the Conference of Research Workers in Animal Diseases. Chicago, IL. 2016. *Vet. arhiv* 89 (6). Pp. 785–798.
11. Nekouei O., VanLeeuwen J., Stryhn H., Kelton D., Keefe G. Lifetime effects of infection with bovine leukemia virus on longevity and milk production of dairy cows. *Preventive Veterinary Medicine*. 2016. No. 133. Pp. 1–9.
12. OIE World Organization for Animal Health. Enzootic Bovine Leukosis. World Animal Health Infection Database, Disease information, List of countries by disease situation [e-resource]. URL: http://www.oie.int/wahis_2/public/wahid.php/Diseaseinformation/statuslist (appeal date: 10.02.2019).
13. Olaya-Galán N. N., Corredor-Figueroa A. P., Guzmán-Garzón T. C., Ríos-Hernandez K. S., Salas-Cárdenas S. P., Patarroyo M. A., Gutiérrez M. F. Bovine leukaemia virus DNA in fresh milk and raw beef for human consumption. *Epidemiology & Infection*. 2017. Vol. 145. No. 15. Pp. 3125–3130. DOI: 10.1017/S095026881700222.
14. Petropavlovsky M. V., Donnik I. M., Bezborodova N. A. Epizootological and phylogenetic assessment of the bovine leukemia virus on the territory of the Russian Federation // *Innovations and food security*. 2018. No. 3 (21). Pp. 161–165.
15. Petropavlovskiy M., et al. Epizootiological and genetic characterization of the bovine leukemia virus in the Russian Federation – evaluation of bovine leukemia virus in Russia // *Veterinarski Arhiv*. 2019. No. 89. Pp. 785–798.
16. Valikhov A. F. Bovine leukemia: disease control and prevention (Review) // *Dairy Industry*. 2018. No. 9. Pp. 74–77.

Об авторах:

Максим Валерьевич Петропавловский¹, кандидат ветеринарных наук, старший научный сотрудник лаборатории лейкоза, ORCID 0000-0002-9892-6092, AuthorID 676746; +7 902 877-46-57, Petropavlovsky_m@mail.ru

Алексей Викторович Лысов¹, кандидат ветеринарных наук, старший научный сотрудник, ORCID 0000-0003-2480-2019, AuthorID 665874

Альбина Геннадьевна Исаева¹, доктор биологических наук, доцент, ведущий научный сотрудник, ORCID 0000-0001-8395-124; AuthorID 665717; +7 982-872-89-10

Алиса Сергеевна Романова¹, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, ORCID 0000-0003-0189-2963, AuthorID 762742; +7 908-636-80-87

¹ Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия

Development features of healthy anti-leukemic measures schemes considering the influence of the epizootic process on the example of the Republic of Bashkortostan

M. V. Petropavlovskiy^{1✉}, A. V. Lysov¹, A. G. Isaeva¹, A. S. Romanova¹

¹Ural Federal Agrarian Scientific Research Center of Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

✉E-mail: Petropavlovsky_m@mail.ru

Abstract. The study of the features of the leukemic epizootic process in agricultural organizations of the Republic of Bashkortostan was carried out. The object of the study was cattle of different groups, including calves before drinking colostrum, heifers, springer heifers, pregnant and dairy cows. **The purpose** was to develop general schemes of anti-leukemic measures that guarantee a reduction in the recovery period for disadvantaged areas and a decrease in the level of infection of cattle with the leukemia virus. The work was carried out in the leukemia laboratory of the department for monitoring and predicting infectious animal diseases of the Ural Federal Agrarian Scientific Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. **Methods.** A retrospective and operational analysis of data on the laboratory methods used for the diagnosis of bovine leukemia virus was carried out. **Scientific novelty** consists in obtaining new knowledge about the problems of diagnostics of the bovine leukemia virus among the populations of farm animals in the Republic of Bashkortostan. The features of the leukemic epizootic process have been studied: sources, transmission routes of the leukemia virus, level of infection and incidence of bovine leukemia virus in the surveyed farms in the regions of the Republic of Bashkortostan. **Results.** On the basis of the data obtained, general schemes of anti-leukemic measures have been developed, which guarantee a reduction in the recovery time of disadvantaged areas and a decrease in the level of infection of livestock with the leukemia virus.

Keywords: bovine leukemia; diagnostics; epizootic process; Republic of Bashkortostan; diagnostic studies; polymerase chain reaction; animal epidemic countermeasures.

For citation: Petropavlovskiy M. V., Lysov A. V., Isaeva A. G., Romanova A. S. Osobennosti razrabotki skhem ozdorovitel'nykh protivoleykoznykh meropriyatiy s uchedom vliyaniya epizooticheskogo protsessa na primere Respubliki Bashkortostan [Development features of healthy anti-leukemic measures schemes considering the influence of the epizootic process on the example of the Republic of Bashkortostan] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. Special issue "Biology and biotechnologies". Pp. 70–80. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-14-70-80. (In Russian.)

Paper submitted: 30.10.2020.

References

1. Bezborodova N. A., Kozhukhovskaya V. V. Znachenie molekulyarno-biologicheskikh metodov issledovaniya dlya diagnostiki infektsionnykh bolezney krupnogo rogatogo skota [The value of molecular biological research methods for the diagnosis of infectious diseases in cattle] // Actual questions of veterinary biology. 2018. No. 4 (40). Pp. 22–25. (In Russian.)
2. Donnik I. M., Shkuratova I. A., Krivonogova A. S., Petropavlovskiy M. V, et al. Metody laboratornoy diagnostiki leykoza: uchebnyk [Methods of laboratory diagnosis of leukemia: textbook]. Ekaterinburg: Ural State Agrarian University, 2015. 48 p. (In Russian.)
3. Donnik I. M., Krasnoperov V. A., Tatarchuk A. T., et al. Rezul'tativnost' kompleksnykh meropriyatiy bor'by s leykozom krupnogo rogatogo skota na Srednem Urale [The effectiveness of complex measures to combat leukemia in cattle in the Middle Urals] // Issues of legal regulation in veterinary medicine. 2015. No. 2. Pp. 42–46. (In Russian.)
4. Kuznetsova T. V., Kuznetsov A. A., Kirillova S. V. Tekhnicheskii reglament TS "O bezopasnosti moloka i molochnoy produktsii" i ekonomicheskie aspekty ego realizatsii molochnymi tovaroproizvoditelyami Rossii [Technical regulations of the CU "On the safety of milk and dairy products" and economic aspects of its implementation by dairy producers in Russia] // Agro-food policy in Russia. 2015. No. 12 (48). Pp. 35–38. (In Russian.)
5. Sviridenko G. M. Problema bezopasnosti molochnykh produktov v svyazi s leykozom krupnogo rogatogo skota [The problem of the safety of dairy products in connection with bovine leukemia] // Dairy industry. 2017. No. 8. Pp. 13–16. (In Russian.)
6. Bartlett P. C., Sordillo L. M., Byrem T. M., et al. Options for the control of bovine leukemia virus in dairy cattle. Journal of the American Veterinary Medical Association. 2014. No. 244. Pp. 914–922.
7. De Brogniez A., Mast J., Willems L. Determinants of the Bovine Leukemia Virus Envelope Glycoproteins Involved in Infectivity, Replication and Pathogenesis // Viruses. 2016. No. 8 (4). P. 88. DOI: 10.3390/v8040088.
8. Frie M. C., Coussens P. M. Bovine leukemia virus: a major silent threat to proper immune responses in cattle // Veterinary Immunology and Immunopathology. 2015. Vol. 163 (3-4). Pp. 103–114. DOI: 10.1016/j.vetimm.2014.11.014.
9. Gulyukin M. I., O Kapustina. V., Ezdakova I. Yu., Valtsiferova S. V., Stepanova T. V., Anoyatbekov M. Detection of specific antibodies of classes G and M to bovine leukemia virus in the blood serum [e-resource] // Problems of Virology, Russian journal. 2019. No. 64 (4). Pp. 173–177. URL: <https://doi.org/10.36233/0507-4088-2019-64-4-173-177> (appeal date: 01.06.2020).
10. LaDronka R. Impact of bovine leukemia virus on herd level production indicators on U. S. dairy farms // In: 97th Annual Meeting of the Conference of Research Workers in Animal Diseases. Chicago, IL. 2016. Vet. arhiv 89 (6). Pp. 785–798.
11. Nekouei O., VanLeeuwen J., Stryhn H., Kelton D., Keefe G. Lifetime effects of infection with bovine leukemia virus on longevity and milk production of dairy cows. Preventive Veterinary Medicine. 2016. No. 133. Pp. 1–9.
12. OIE World Organization for Animal Health. Enzootic Bovine Leukosis. World Animal Health Infection Database, Disease information, List of countries by disease situation [e-resource]. URL: http://www.oie.int/wahis_2/public/wahid.php/Diseaseinformation/statuslist (appeal date: 10.02.2019).
13. Olaya-Galán N. N., Corredor-Figueroa A. P., Guzmán-Garzón T. C., Ríos-Hernandez K. S., Salas-Cárdenas S. P., Patarroyo M. A., Gutierrez M. F. Bovine leukaemia virus DNA in fresh milk and raw beef for human consumption. Epidemiology & Infection. 2017. Vol. 145. No. 15. Pp. 3125–3130. DOI: 10.1017/S095026881700222.
14. Petropavlovskiy M. V., Donnik I. M., Bezborodova N. A. Epizootological and phylogenetic assessment of the bovine leukemia virus on the territory of the Russian Federation // Innovations and food security. 2018. No. 3 (21). Pp. 161–165.
15. Petropavlovskiy M., et al. Epizootological and genetic characterization of the bovine leukemia virus in the Russian Federation – evaluation of bovine leukemia virus in Russia // Veterinarski Arhiv. 2019. No. 89. Pp. 785–798.
16. Valikhov A. F. Bovine leukemia: disease control and prevention (Review) // Dairy Industry. 2018. No. 9. Pp. 74–77.

Authors' information:

Maksim V. Petropavlovskiy¹, candidate of veterinary sciences, senior researcher, leukemia laboratory, ORCID 0000-0002-9892-6092, AuthorID 676746; +7 902 877-46-57, Petropavlovsky_m@mail.ru

Aleksey V. Lysov¹, candidate of veterinary sciences, senior researcher, ORCID 0000-0003-2480-2019, AuthorID 665874

Albina G. Isaeva¹, doctor of biological sciences, associate professor, leading researcher, ORCID 0000-0001-8395-124, AuthorID 665717; +7 982-872-89-10

Alisa S. Romanova¹, candidate of technical sciences, senior researcher, ORCID 0000-0003-0189-2963, AuthorID 762742; +7 908-636-80-87

¹ Ural Federal Agrarian Scientific Research Center of Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

Тестирование клубеньковых бактерий для природно и техногенно засоленных почв и грунтов

Л. Н. Скипин¹, Е. В. Гаева¹✉, С. С. Тарасова¹

¹ Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия

✉ E-mail: gaevajaev@tyuiu.ru

Аннотация. Площадь природных засоленных земель в России составляет примерно 30 млн га. В настоящее время прирост техногенно засоленных территорий сопряжен с добычей полезных ископаемых (агроруд) и образованием буровых амбаров при бурении скважин с целью разведки и добычи углеводородного сырья. Количество буровых амбаров с повышенным содержанием солей в Ханты-Мансийском автономном округе составляет около 3 000, примерно столько же их насчитывается в Ямало-Ненецком автономном округе, по югу Тюменской области их количество возрастает в Уватском районе. Рекультивация данных территорий включает технический и биологический этапы рекультивации. Биологический этап сопряжен с использованием культур-фитомелиорантов. Включение бобового компонента в состав фитомелиорантов предполагает совместное его использование с препаратом активного штамма клубеньковых бактерий. **Цель исследований** – выявить наиболее солеустойчивый штамм клубеньковых бактерий люпина, донника и люцерны при разных химизмах и степени засоления среды. **Методология и методы исследования.** Для тестирования клубеньковых бактерий бобовых культур на солеустойчивость и химизм засоления закладывались лабораторные опыты в чашках Петри. Клубеньковые бактерии штаммов люпина 363а, 367а, 375а брались непосредственно из препаратов ризоторфина, степень разведения доводилась до одинакового титра. Клубеньковые бактерии для донника были представлены штаммами 282, 292 (хл) и 291, для люцерны соответственно 451б, 404б, 412б, 423б, 408б и 425а. **Результаты.** Представленные результаты опытов показали, что колонии клубеньковых бактерий люпина, донника и люцерны крайне отрицательно реагируют на концентрацию солей в питательной среде 0,3 % и выше. Это характерно как для нейтрального, так и для содового засоления. Из трех изучаемых штаммов клубеньковых бактерий наиболее солеустойчивым был образец 367а. Из представленных штаммов донника и люцерны наибольшей солеустойчивостью обладали, соответственно, штаммы 282 и 423б. **Научная новизна.** Впервые протестированы штаммы клубеньковых бактерий люпина, донника и люцерны на солеустойчивость по отношению к разному химизму и степени засоления тождественных техногенным грунтам и засоленным почвам.

Ключевые слова: клубеньковые бактерии, колонии, химизм и степень засоления, осмотическое давление, штаммы, рН среды.

Для цитирования: Скипин Л. Н., Гаева Е. В., Тарасова С. С. Тестирование клубеньковых бактерий для природно и техногенно засоленных почв и грунтов // Аграрный вестник Урала. 2020. Специальный выпуск «Биология и биотехнологии». С. 81–90. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-14-81-90.

Дата поступления статьи: 08.12.2020.

Постановка проблемы (Introduction)

Рекультивация природно и техногенно засоленных территорий на биологическом этапе может быть обеспечена за счет правильного подбора культур-фитомелиорантов. Применительно к солонцовым почвам наибольший интерес в этом плане среди бобового компонента представляют донник и люцерна. В условиях таежно-лесной зоны определенный интерес применительно к участкам буровых амбаров вызывает бобовый компонент, представленный люпином. Восстановление таких ограниченно нарушенных территорий сдерживается дефицитом азота, его производство и доставка в северные регионы Тюменской области сопряжены с большими финансовыми и материальными затратами [1, с. 53], [9, с. 70].

Использование биологического азота при рекультивации почв и техногенно засоленных грунтов способствует снижению энергозатрат, экономии материальных ресурсов,

уменьшает загрязнение окружающей среды еще на стадии производства азотных удобрений [3, с. 490], [7, с. 62].

Для условий Западной Сибири применение бобового компонента в период рекультивационных работ актуально и своевременно, так как из всех элементов питания для растений азот находится в первом минимуме. Применительно к засоленным почвам и грунтам это проявляется еще сильнее [13, с. 45], [14, с. 55].

К настоящему времени на буровых шламах жизнедеятельность клубеньковых бактерий остается весьма мало изученной. При этом увеличение количества буровых амбаров требует необходимости их своевременной рекультивации с максимальным использованием бобового компонента [15, с. 52]. В данной связи большого внимания заслуживает вопрос изучения факторов, определяющих жизнедеятельность клубеньковых бактерий в условиях засоления. Установлено, что при благоприятных факторах

симбиоза бобовые культуры способны накапливать за летний период до 200 кг/га азота [10, с. 201].

Одним из важнейших условий продуктивности симбиоза является подбор наиболее активных штаммов клубеньковых бактерий для препаратов. Штаммы должны обладать способностями, позволяющими им занять доминирующее положение в ризосфере бобовых растений. Важно, чтобы они были устойчивы к неблагоприятным факторам среды: повышенной кислотности или засоленности, резким колебаниям температуры и др. [4, с. 8], [5, с. 372], [6, с. 38].

Цель настоящего исследования – выявить наиболее солеустойчивый штамм клубеньковых бактерий люпина, донника и люцерны при разных химизмах и степени засоления среды.

Методология и методы исследования (Methods)

Для тестирования клубеньковых бактерий люпина на солеустойчивость и химизм засоления закладывались лабораторные опыты в чашках Петри. Клубеньковые бактерии для донника были представлены штаммами 282, 292 (ХЛ) и 291, для люцерны соответственно 4516, 4046, 4126, 4236, 4086 и 425а. Посев их проводился с одинаковым титром. Клубеньковые бактерии штаммов люпина 363а, 367а, 375а брались непосредственно из препаратов ризоторфина, степень разведения доводилась до одинакового титра. Бобовый агар был представлен из 50 г гороха, 1 л водопроводной воды, 10 г сахарозы, 0,5 г K_2PO_4 , 20 г агара и количества соли, соответствующего изучаемому варианту. Соли представлены $MgSO_4$, Na_2SO_4 , $NaCl$, $NaHCO_3$, Na_2CO_3 и смешанным засолением, тождественным почвенному. Опыты проводились в трехкратной повторности, при появлении колоний после посева проводился их подсчет и описание культуральных признаков. Методика проведения лабораторных опытов изложена Г. И. Ежовым [2, с. 20].

Результаты (Results)

От водорастворимых солей во многом зависит активность фиксации азота на засоленных средах. Соли могут оказывать прямое воздействие на клубеньковые бактерии в силу повышения осмоса раствора, pH среды и токсичности ряда ионов, в почвенных условиях это дополнительно усиливается за счет ухудшения водно-физических свойств. По данным ученых, концентрация солей свыше 1 % значительно подавляет, а свыше 4 % – препятствует развитию микроорганизмов. Некоторые из них устойчиво функционируют и при более высокой концентрации солей. При этом не указывается характер засоления и не конкретизируется группа бактерий [18, с. 960], [19, с. 35].

Закладка в лабораторных опытах была нацелена на исследование прямого действия степени, типа засоления и, как следствие, величины осмоса и pH среды на численность колоний разных штаммов люпина. Для закладки лабораторных опытов клубеньковые бактерии люпина брались из ризоторфина, представленного штаммами 363а, 367а, 375а. В проводимых опытах легкорастворимые соли с заданной концентрацией $MgSO_4$, Na_2SO_4 , $NaCl$ имеют pH 6,3–6,8, осмотическое давление от 3,0 до 14,0 атм, $NaHCO_3$, Na_2CO_3 – pH от 9,0 до 10,6, осмотическое давление от 3,0 до 7,1 атм, сульфатно-хлоридное засоление – pH от 6,6–9,0, осмотическое давление от 1,3 до 9,4 атм [11, с. 1311] [12, с. 760].

Исследования показали, что степень засоления питательной смеси легкорастворимыми солями во многом определяет жизнедеятельность клубеньковых бактерий люпина [8, с. 430]. Доведение концентрации бобового агара до 0,3 % нейтрального засоления уже снижало численность колоний клубеньковых бактерий с 80 на контроле до 3–47 штук (рис. 1–4).

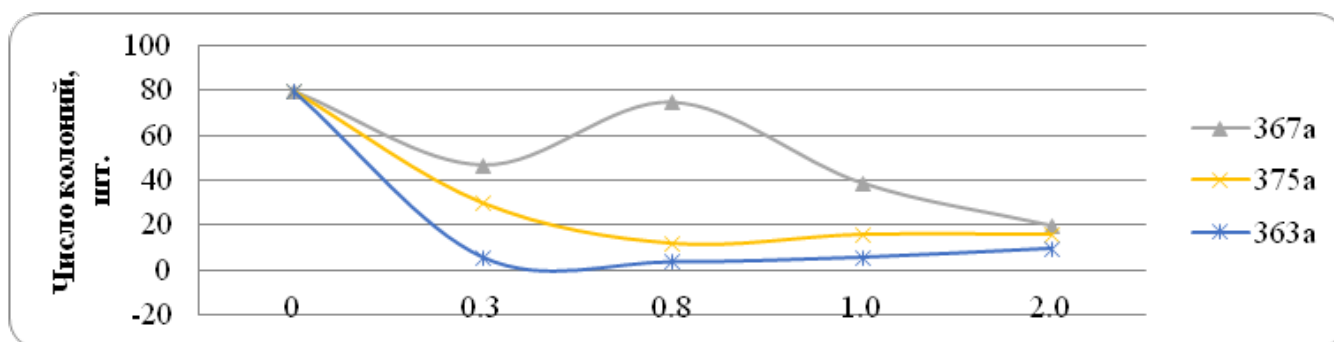


Рис. 1. Оценка устойчивости штаммов клубеньковых бактерий люпина к засолению $MgSO_4$ %

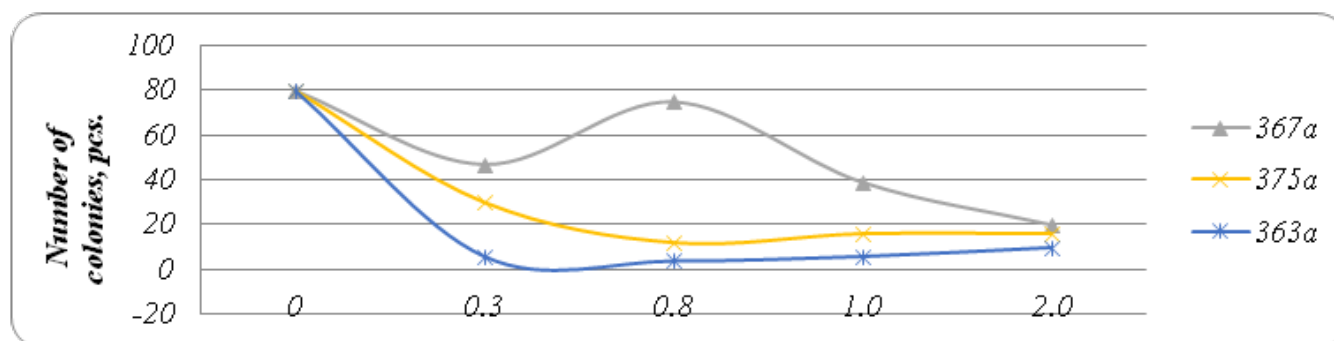


Fig. 1. Evaluation of the resistance of lupine nodule bacteria strains to salinity $MgSO_4$ %

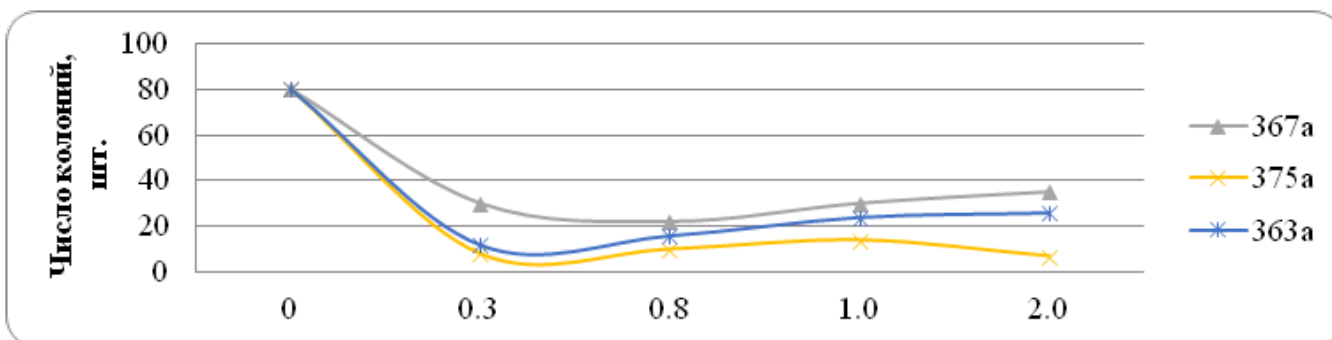


Рис. 2. Оценка устойчивости штаммов клубеньковых бактерий люпина к засолению Na₂SO₄ %

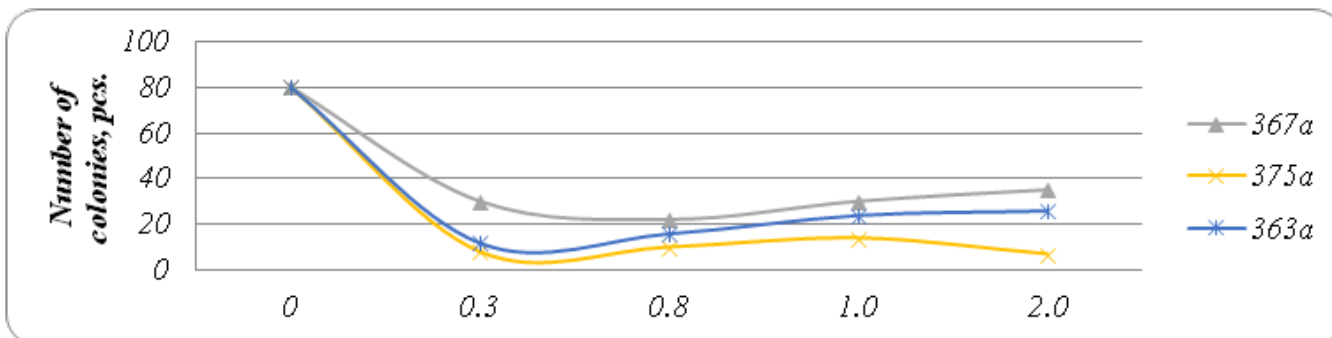


Fig. 2. Evaluation of the resistance of lupine nodule bacteria strains to salinity Na₂SO₄ %

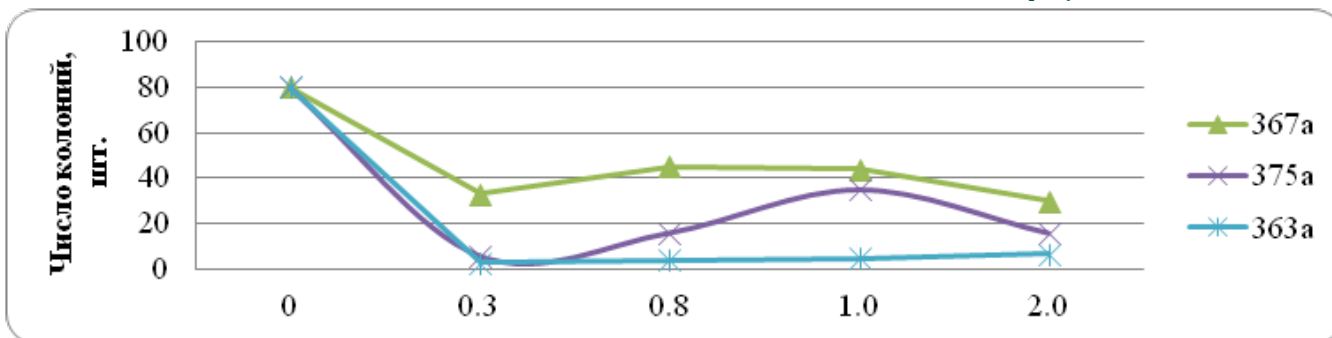


Рис. 3. Оценка устойчивости штаммов клубеньковых бактерий люпина к засолению NaCl, %

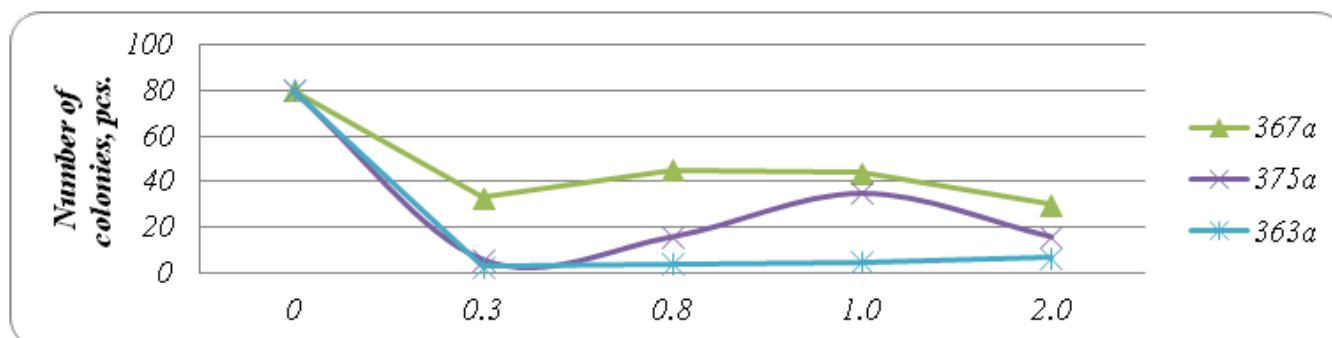


Fig. 3. Evaluation of the resistance of lupine nodule bacteria strains to salinity NaCl, %

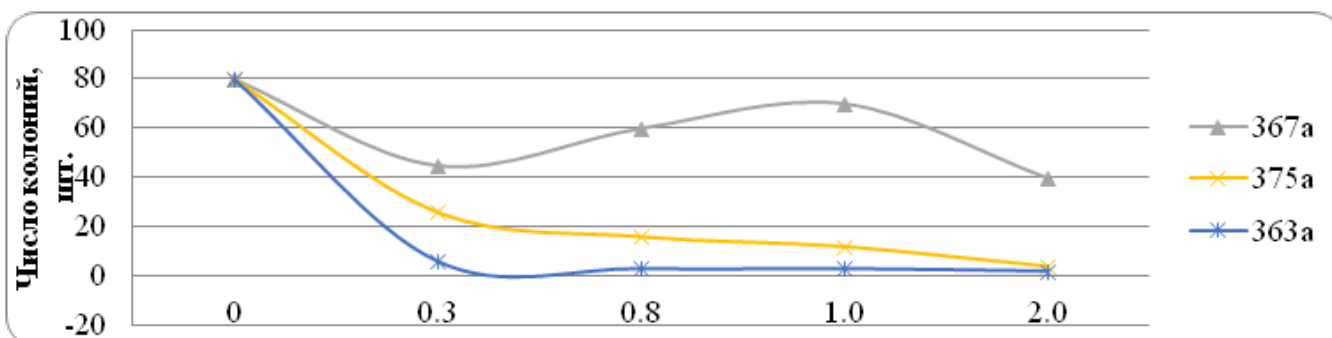


Рис. 4. Оценка устойчивости штаммов клубеньковых бактерий люпина к засолению NaHCO₃ %

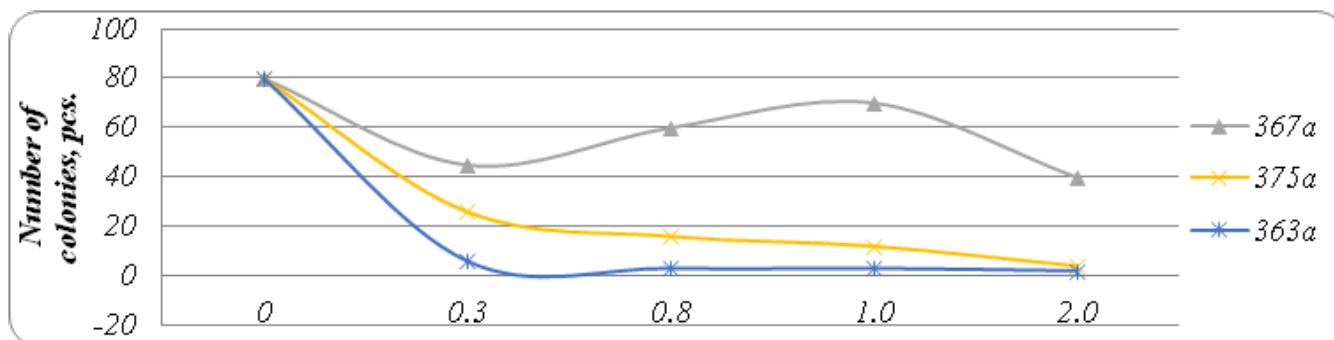


Fig. 4. Evaluation of the resistance of lupine nodule bacteria strains to salinity NaHCO₃, %

Это проявлялось при нейтральной реакции среды (pH = 6,7) и осмотическом давлении 3,14–4,10 атм. Данное явление указывает, что при нейтральном засолении гибель колоний ризобий люпина во многом определяется осмотическим давлением и токсичностью ионов. Последующее увеличение концентраций нейтральных солей сопряжено с подавлением жизнедеятельности колоний относительно контрольного варианта. Важно отметить, что отрицательное действие MgSO₄ проявлялось в несколько меньшей степени на прорастание колоний, чем нейтральных натриевых солей (Na₂SO₄, NaCl). Из всех представленных штаммов клубеньковых бактерий при нейтральном химизме наибольшей солеустойчивостью обладал штамм 367а, менее устойчивыми к засоленной среде были штаммы 375а и 363а. Это проявлялось применительно к каждой градации уровня засоления.

При содовом засолении (NaHCO₃ и Na₂CO₃) степень засоления 0,3 % вызывала реакцию водной среды от 9,2–9,8 при осмотическом давлении 3,90–4,32 атм. Численность колоний ризобий люпина в чашках Петри снижалась с 80 до 4–45 шт. (рис. 5, 6). Максимальная гибель колоний отмечалась при засолении нормальной соды (Na₂CO₃). Наиболее устойчивым к содовому засолению также оказался штамм 367а, особенно это проявлялось с добавлением гидрокарбонатной соды в питательной субстрат. Гибель колоний клубеньковых бактерий при содовом засолении обусловлена повышенной щелочной реакцией среды.

Сульфатно-хлоридное засоление не ослабляет отрицательного действия на жизнедеятельность колоний ризобий люпина в сравнении с засоленными средами Na₂SO₄ и NaCl в отдельности. При этом химизме преимущество по численности колоний клубеньковых бактерий по всем изученным концентрациям по-прежнему сохранялось за штаммом 367а.

Важно отметить, что в исследованиях, проводимых на клубеньковых бактериях донника и люцерны, оптимальная степень засоления для них при нейтральном засолении колеблется от 0,3 до 0,8 % [16, с. 10]. Аналогичная степень засоления для клубеньковых бактерий люпина подавляет их жизнедеятельность относительно контроля.

Применительно к солонцовым почвам инактивация ризобий может усиливаться плохими водно-физическими и физико-химическими свойствами. Применительно к генетическим особенностям солонцов наибольшей эффективностью, очевидно, будут обладать те штаммы клубеньковых бактерий, которые имеют наибольшую солеу-

стойчивость [17, с. 55]. На способность рас клубеньковых бактерий выдерживать повышенные концентрации солей учеными практически уделялось мало внимания, так как исследования по биологической фиксации азота приурочены, как правило, к дерново-подзолистым, серым лесным и черноземным почвам.

Важно отметить, что в условиях лесостепной зоны Тюменской области из общей площади солонцов (301,5 тыс. га) половина приходится на долю корковых и мелких, где мощность гумусового горизонта составляет до 5–10 см. За ним следует плотный солонцовый горизонт с максимальным содержанием легкорастворимых солей и высоким насыщением обменным натрием. В естественном состоянии на таких почвах растут солевыносливые и солонцеустойчивые растения с крайне низкой продуктивностью, при этом бобовый компонент здесь полностью отсутствует. Необходимо указать, что клубеньковые бактерии без растения-хозяина обречены на отсутствие активности или вымирание. На средних и глубоких солонцах, где мощность гумусового горизонта составляет 11 см и выше, в естественном травостое могут ограниченно присутствовать бобовые компоненты. Это указывает на частичное ослабление отрицательных химических и физических свойств данных почв.

Агробиологический метод освоения солонцов и его сочетание даже с малыми дозами коагулянтов требует создания благоприятных условий для бобовых культур. В первую очередь это касается правильного подбора наиболее солеустойчивых штаммов клубеньковых бактерий, особенно на фоне осваиваемых корковых и мелких луговых солонцов, где изначально почвы обладают определенной стерильностью по отношению к ризобиям. Данное явление связано с проявлением плазмолиза клубеньковых бактерий в засоленной среде, при этом щелочная среда в условиях содового и сульфатно-содового засоления усиливает токсическое действие на микроорганизмы.

Проведение модельных опытов на питательных средах с заданным химизмом и степенью засоления позволило выявить реакцию разных штаммов донника и люцерны в условиях критического засоления как отдельными солями, так и их смешанными типами засоления. При несущественном различии количества колоний на контроле по изучаемым штаммам клубеньковых бактерий донника (260–290 шт. на чашку Петри при НСР₀₅ = 41,6) на вариантах с предельным засолением питательных сред реакция изучаемых штаммов ризобий была разной (рис. 7).

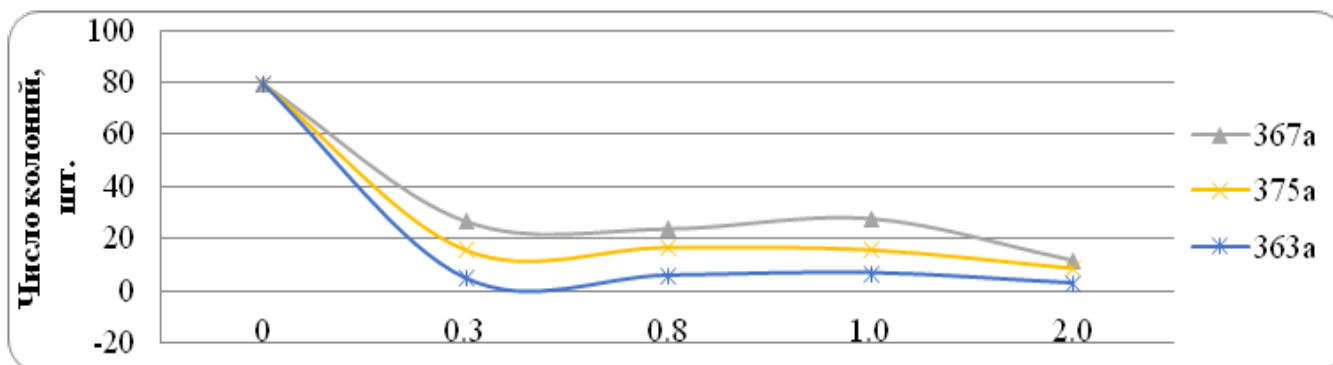


Рис. 5. Оценка устойчивости штаммов клубеньковых бактерий люпина к засолению Na₂CO₃, %

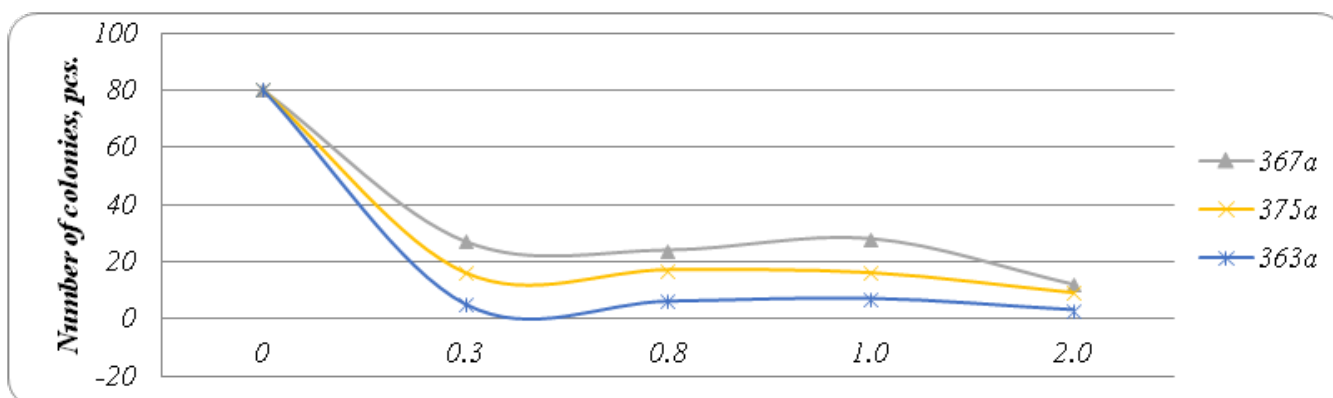


Fig. 5. Evaluation of the resistance of lupine nodule bacteria strains to salinity Na₂CO₃, %

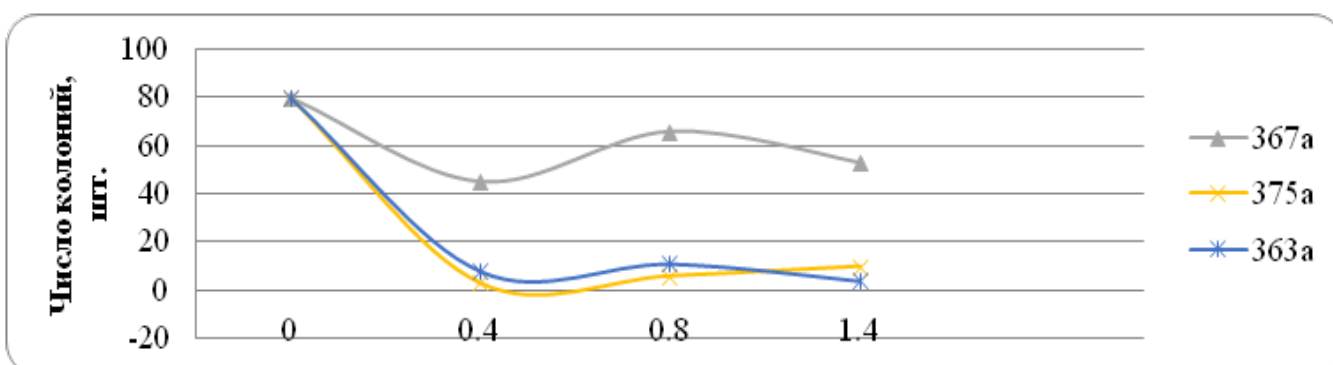


Рис. 6. Оценка устойчивости штаммов клубеньковых бактерий люпина к засолению сульфатно-хлоридному, %

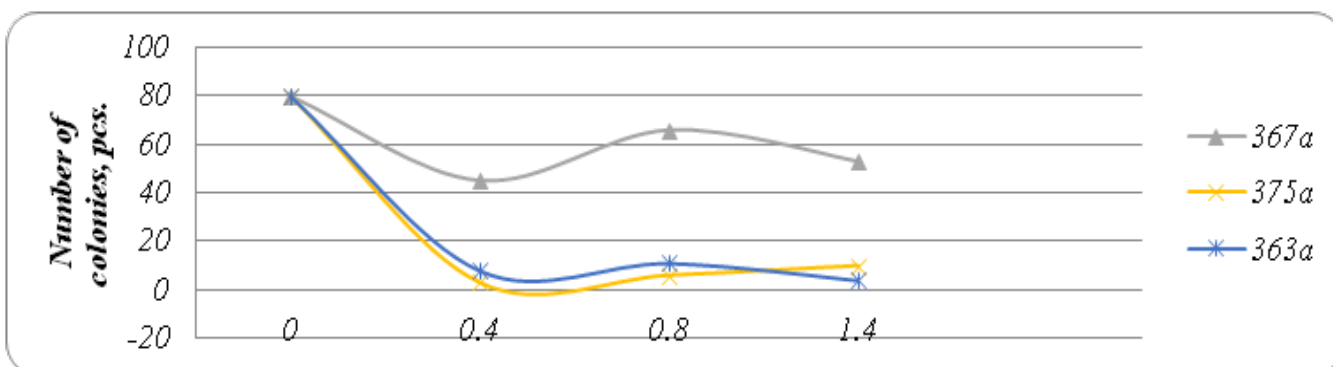


Fig. 6. Assessment of resistance of lupine nodule bacteria strains to sulfate-chloride salinization, %

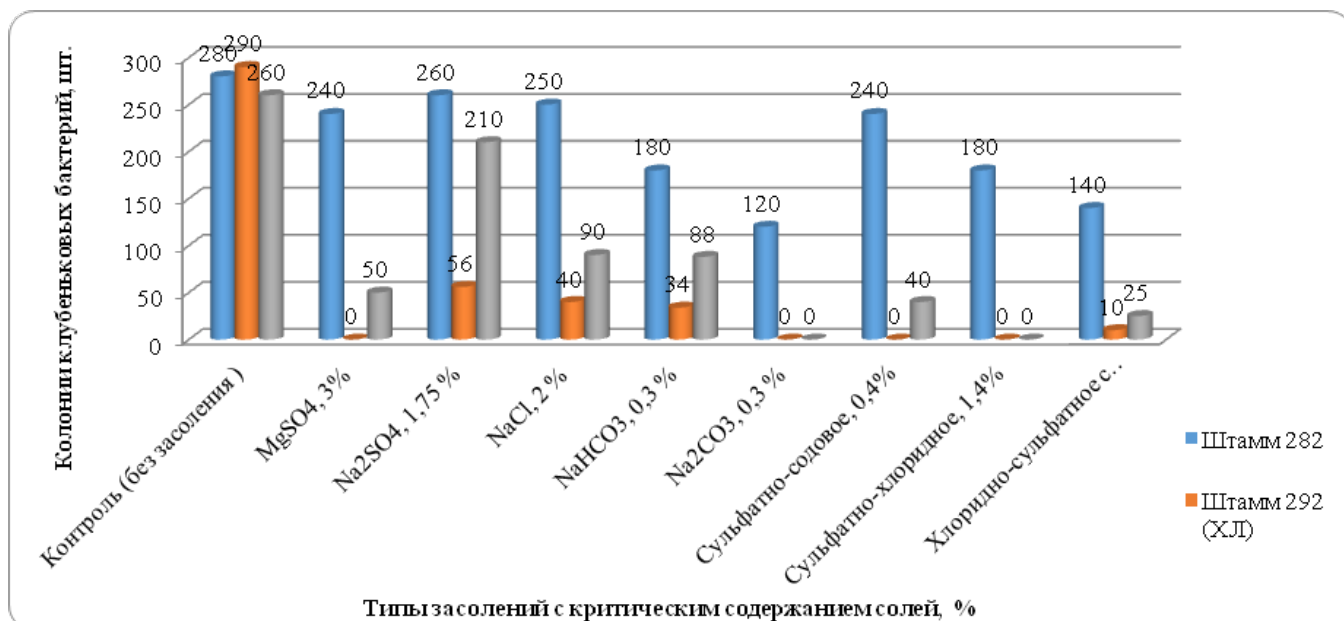


Рис. 7. Влияние критического засоления на численность колоний (шт.) разных штаммов клубеньковых бактерий донника

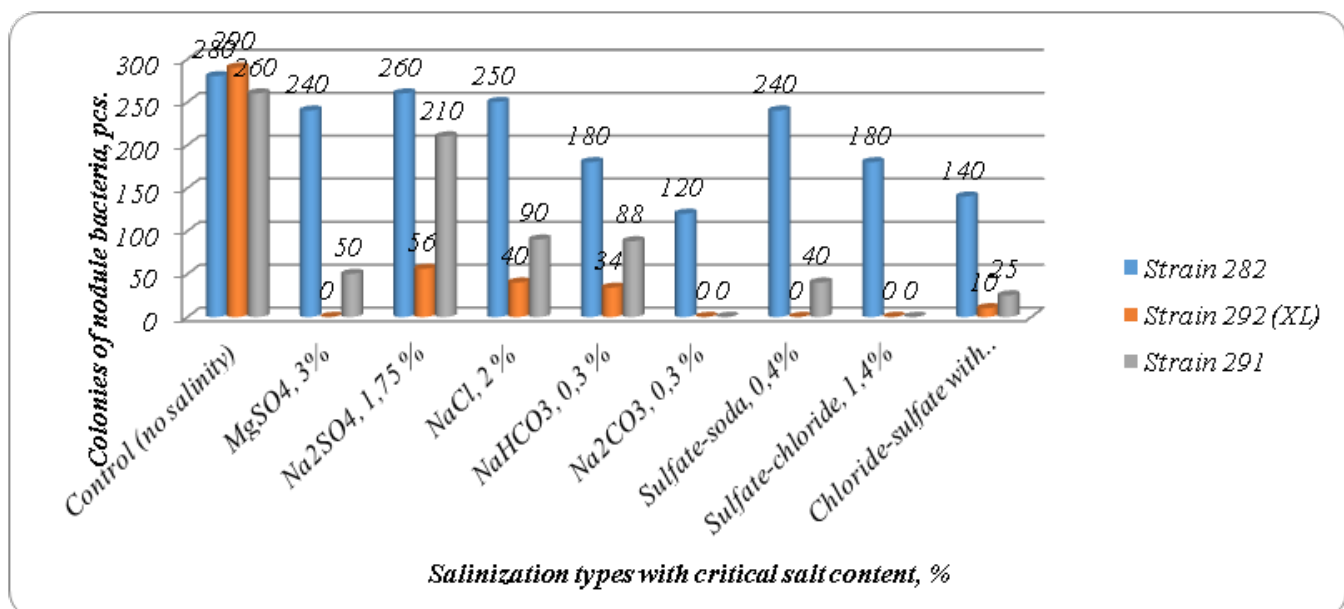


Fig. 7. Influence of critical salinity on the number of colonies (pcs.) of different strains of sweet clover root nodule bacteria

Так, штаммы 292 (ХЛ) и 291 по ряду вариантов с засолением бобового агара не обеспечивали появления колоний клубеньковых бактерий. Это указывает на полный плазмолиз ризобий в условиях избыточного засоления. Появление колоний данных штаммов по другим опытным вариантам было существенно ниже в сравнении с изучаемым штаммом 282. Данный штамм на всех средах засоленного бобового агара обеспечивал число колоний от 120–260 шт. на чашку Петри. Это указывает на целесообразность его использования при инокуляции семян донника в условиях агробиологического метода освоения как солонцов, так и техногенно засоленных грунтов.

Проведение модельных опытов с клубеньковыми бактериями люцерны показало, что численность бактерий разных штаммов на контроле колебалась от 280 до 325 шт. на чашку Петри при $F_{\phi} < F_{05}$. Посев опытных штаммов люцерны на засоленные среды также показал, что ряд изучаемых образцов за номером 4156, 4046, 4126, 4086 и

425а не обеспечивали появления колоний или их появление было незначительным (рис. 8).

По всем типам засоления опытный штамм 4236 давал существенное превышение числа колоний в сравнении с вышеперечисленными (от 8 до 180 шт. на чашку Петри). Использование штамма 4236 при рекультивации засоленных почв и грунтов в посевах люцерны будет обеспечивать максимальную жизнедеятельность клубеньковых бактерий, а следовательно, и фиксацию атмосферного азота.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Таким образом, представленные результаты опытов показали, что колонии клубеньковых бактерий люпина крайне отрицательно реагируют на концентрацию солей в питательной среде 0,3 % и выше. Это характерно как для нейтрального, так и для содового засоления. Из трех изучаемых штаммов клубеньковых бактерий наиболее солеустойчивым был образец 367а. Штаммы 363а и 375а были менее устойчивы к засолению.

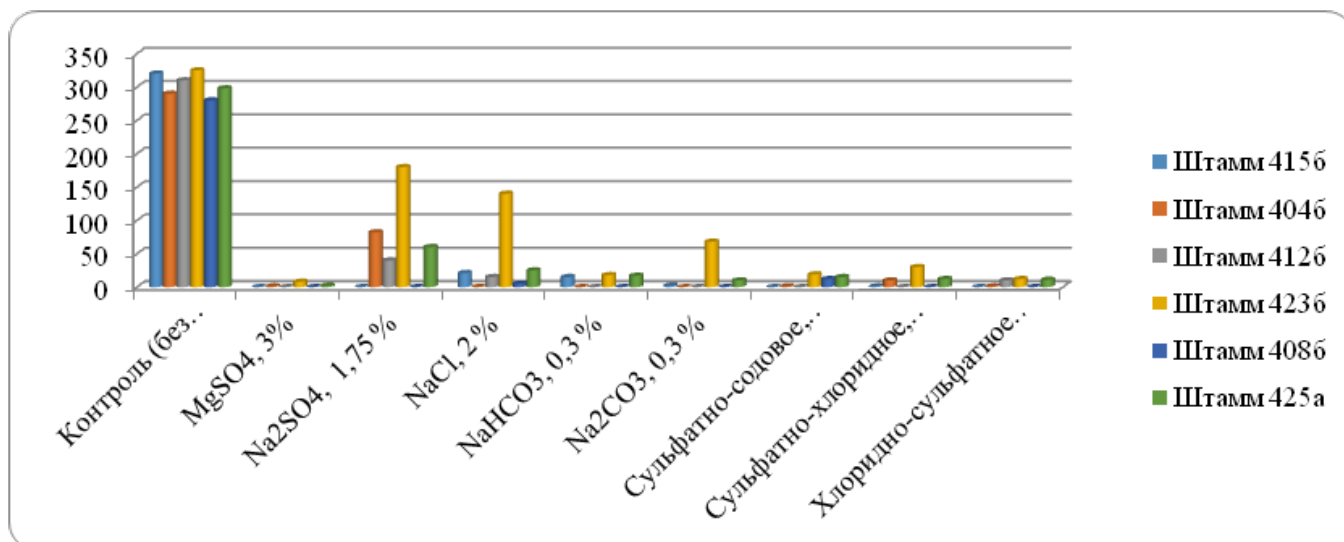


Рис. 8. Влияние критического уровня засоления на численность колоний клубеньковых бактерий люцерны

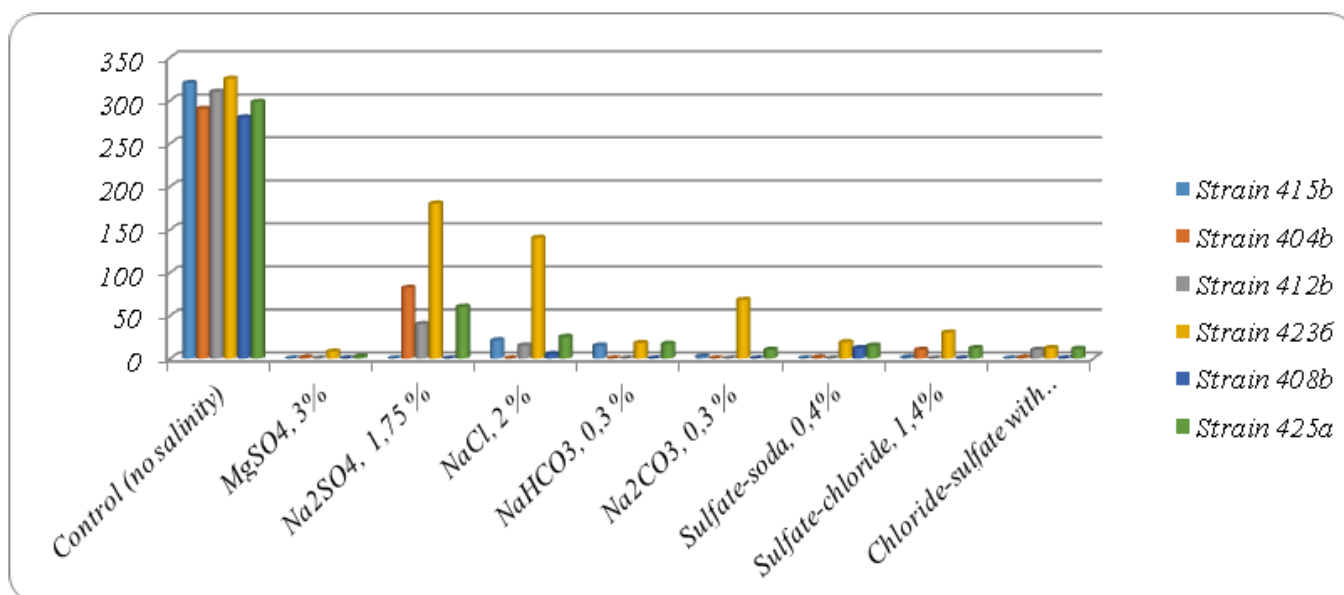


Fig. 8. Influence of the critical level of salinity on the number of colonies of alfalfa nodule bacteria

Искусственное создание высоких концентраций солей в бобовых питательных средах является предпосылкой к первоначальному тестированию штаммов клубеньковых бактерий донника и люцерны применительно к солонцо-

вым почвам и засоленным грунтам. Наибольшей устойчивостью к солям характеризовались штаммы донника 282 и люцерны 4236.

Библиографический список

- Alferov A. A., Chernova L. S., Kozhemyakov A. P. Efficacy of biopreparations for spring wheat in the european part of Russia against different backgrounds of mineral nutrition // Russian Agricultural Sciences. 2018. Т. 44. No. 1. Pp. 53–57.
- Ежов Г. И. Руководство к практическим заданиям по сельскохозяйственной микробиологии. Москва: Высшая школа, 1981. 271 с.
- Vorobiev N. I., Pukhalsky Ya. V., Loskutov S., Sviridova O. V., Pishchik V. N., Osipov A. I., Yakubovskaya A. I., Kozhemyakov A. P. Agrotechnology for snapshots soil health with bacteria // In: International Scientific and Practical Conference "AgroSMART – Smart Solutions for Agriculture". Tyumen, 2019. Pp. 488–496.
- Кожемыков А. П. Перспективы эффективного применения земледобрильных биопрепаратов в земледелии и растениеводстве // Перспективы использования инновационных форм удобрений, средств защиты и регуляторов роста растений в агротехнологиях сельскохозяйственных культур: материалы докладов участников 9-й научно-практической конференции «Анапа-2016». Анапа, 2016. С. 81–83.
- Кожемыков А. П., Лактионов Ю. В., Попова Т. А., Орлова А. Г., Кокорина А. Л., Вайшла О. Б., Агафонов Е. В., Гужвин С. А., Чураков А. А., Яковлева М. Т. Агротехнологические основы создания усовершенствованных форм микробных биопрепаратов для земледелия // Сельскохозяйственная биология. 2015. Т. 50. № 3. С. 369–376.

6. Лактионов Ю. В., Яхно В. В., Кожемяков А. П. Новые подходы в культивировании и применении микробиологических препаратов для растениеводства // Современное состояние, проблемы и перспективы развития аграрной наук: материалы III Международной научной конференции. 2018. С. 38–39.
7. Лактионов Ю. В., Косильников Ю. В., Дудникова Д. В., Яхно В. В., Кожемяков А. П. Оценка устойчивости штаммов клубеньковых бактерий сои к рекомендуемым химическим фунгицидам // Зерновое хозяйство России. 2019. № 1 (61). С. 62–67.
8. Мунтян В. С., Акинина Ю. Н., Симаров Б. В., Румянцева М. Л. Анализ структурного полиморфизма гена *putA*, вовлеченного в метаболизм пролина у природных штаммов *Sinorhizobium meliloti* // Актуальная биотехнология. 2018. № 3 (26). С. 429–431.
9. Петухова В. С., Скипин Л. Н., Богданова О. Г. Совершенствование способов рекультивации буровых шламов. Тюмень: ТИУ, 2017. 140 с.
10. Посыпанов Г. С. Методы изучения биологической фиксации азота воздуха. Москва: Агропромиздат, 1991. 299 с.
11. Румянцева М. Л., Владимировичева М. Е., Мунтян В. С., Степанова Г. В., Саксаганская А. С., Кожемяков А. П., Орлова А. Г., Becker A., Симаров Б. В. Высокоэффективные штаммы клубеньковых бактерий люцерны (*Medicago varia* L.): молекулярно-генетическая характеристика и использование в сопряженной селекции // Сельскохозяйственная биология. 2019. Т. 54. № 6. С. 1306–1323.
12. Roumiantseva M. L., Muntyan V. S., Cherkasova M. E., Saksaganskaya A. S., Andronov E. E., Simarov B. V. Genomic islands in *sinorhizobium meliloti* RM1021, nitrogen-fixing symbiont of alfalfa // Russian Journal of Genetics. 2018. Т. 54. No. 7. Pp. 759–769.
13. Саксаганская А. С., Мунтян В. С., Румянцева М. Л. Полиморфизм генов клубеньковых бактерий *Sinorhizobium meliloti*, детерминирующих вирулентность и стрессоустойчивость // В книге: Биология – Наука XXI века. Сборник тезисов. Магнитогорск: КТ «Буки-Веди», 2016. С. 44–45.
14. Саксаганская А. С., Козлова А. П., Мунтян В. С., Румянцева М. Л. Динамика образования клубеньков на корнях люцерны штаммами *Sinorhizobium meliloti* разных NOD-генотипов // Экспериментальные и теоретические исследования в современной науке: сборник статей по материалам V международной научно-практической конференции. Новосибирск, 2017. С. 50–56.
15. Скипин Л. Н., Петухова В. С., Перфильев Н. В., Храмов Н. В. Параметры жизнедеятельности клубеньковых бактерий при изменении эдафических факторов // Вестник КрасГАУ. 2014. № 6 (93). С. 103–108.
16. Скипин Л. Н. Солонцы Сибири: экологические аспекты освоения. Тюмень, 2000. 261 с.
17. Фунг Т. М. В., Манучарова Н. А., Степанов А. Л., Поздняков Л. А., Селицкая О. В., Емцев В. Т. *Agrobacterium tumefaciens* – ассоциативная азотфиксирующая бактерия // Вестник Московского университета. Серия 17: Почвоведение. 2015. № 3. С. 50–55.
18. Якоби Л. М., Железняков С. В., Сметанин Р. В., Лебедева В. К., Кожемяков А. П. Исследование индуцированного мутанта люцерны хмелевидной (*Medicago lupulina* SUBSP. *vulgaris* Koch) по симбиотическим признакам при образовании микоризного симбиоза // VII Съезд Вавиловского общества генетиков и селекционеров, посвященный 100-летию кафедры генетики СПбГУ, и ассоциированные симпозиумы: сборник тезисов Международного Конгресса. Санкт-Петербург, 2019. С. 960.
19. Yakobi L. M., Zheleznyakov S. V., Kozhemyakov A. P. Morphological description of non-effective arbuscular mycorrhiza developed by plant mutant (*Medicago lupulina* L. Subsp. *vulgaris* Koch.) in association with rhizophagus *irregularis* // PLAM-IC 2018 “Plants and microorganisms: Biotechnology of the future”: proceedings of the international scientific conference. Ufa, 2018. P. 35.

Об авторах:

Леонид Николаевич Скипин¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры техносферной безопасности, ORCID 0000-0001-5778-9872, AuthorID 436872; +7 912 992-45-55

Елена Викторовна Гаевая¹, кандидат биологических наук, доцент, профессор кафедры техносферной безопасности, ORCID 0000-0002-0631-9149, AuthorID 816670; +7 922 269-17-81, gaevajae@tyuiu.ru

Светлана Сергеевна Тарасова¹, ассистент кафедры техносферной безопасности, ORCID 0000-0002-5684-2819, AuthorID 933439; +7 982 935-08-91

¹ Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия

Testing of nodule bacteria for naturally and technogenically saline soils and grounds

L. N. Skipin¹, E. V. Gaevaya¹✉, S. S. Tarasova¹

¹Tyumen Industrial University, Tyumen, Russia

✉E-mail: gaevayaev@tyuiu.ru

Abstract. The area of natural saline lands in Russia is about 30 million hectares. At present, the growth of technogenically saline areas is associated with the extraction of minerals (agro-ore) and the formation of drill pits when drilling wells for the purpose of exploration and production of hydrocarbons. The number of drilling pits with a high salt content in the Khanty-Mansiysk autonomous okrug is about 3 thousand, about the same number of them in the Yamal-Nenets autonomous okrug, in the south of the Tyumen region their number is increasing in the Uvat region. Reclamation of these territories includes technical and biological stages of reclamation. The biological stage is associated with the use of phytomeliorant cultures. The inclusion of a legume component in the composition of phytomeliorants assumes its joint use with the preparation of an active strain of nodule bacteria. **The aim of the research** is to identify the most salt-tolerant strain of lupine nodule bacteria at different chemistry and degree of salinity of the environment. **Research methodology and methods.** Laboratory experiments in Petri dishes were used to test lupine nodule bacteria for salt resistance and salinity chemistry. Nodule bacteria of lupine strains 363a, 367a, 375a were taken directly from rhizotorphin preparations, the degree of dilution was brought to a certain titer corresponding to about 80 colonies per Petri dish. Nodule bacteria for melilot were represented by strains 282, 292 (CL) and 291, and for alfalfa, respectively, 451b, 404b, 412b, 423b, 408b and 425a. They were seeded with the same titer. **Results.** The presented results of experiments showed that colonies of lupine nodule bacteria react extremely negatively to the salt concentration in the nutrient medium of 0.3 % or higher. This is typical for both neutral and soda salinity. Of the three studied strains of nodule bacteria, sample 367a was the most salt-resistant. Of the presented strains of sweet clover and alfalfa, strains 282 and 423b had the highest salt tolerance, respectively. **Scientific novelty.** For the first time, strains of lupine nodule bacteria have been tested for salt tolerance in relation to different chemistry and degree of salinity identical to technogenic soils and saline soils.

Keywords: nodule bacteria, colonies, chemistry and degree of salinity, osmotic pressure, strains, pH of the medium.

For citation: Skipin L. N., Gaevaya E. V., Tarasova S. S. Testirovanie kluben'kovykh bakteriy dlya prirodno i tekhnogenno zasolennykh pochv i gruntov [Testing of nodule bacteria for naturally and technogenically saline soils and grounds] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. Special issue "Biology and biotechnologies". Pp. 81–90. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-14-81-90. (In Russian.)

Paper submitted: 08.12.2020.

References

1. Alferov A. A., Chernova L. S., Kozhemyakov A. P. Efficacy of biopreparations for spring wheat in the european part of Russia against different backgrounds of mineral nutrition // Russian Agricultural Sciences. 2018. T. 44. No. 1. Pp. 53–57.
2. Ezhov G. I. Rukovodstvo k prakticheskim zadaniyam po sel'skokhozyaystvennoy mikrobiologii [A guide to practical exercises in agricultural microbiology] // Moscow: Vysshaya shkola, 1981. 271 p. (In Russian.)
3. Vorobiev N. I., Pukhalsky Ya. V., Loskutov S., Sviridova O. V., Pishchik V. N., Osipov A. I., Yakubovskaya A. I., Kozhemyakov A. P. Agrotechnology for snapshots soil health with bacteria // In: International Scientific and Practical Conference "AgroSMART – Smart Solutions for Agriculture". Tyumen, 2019. Pp. 488–496.
4. Kozhemyakov A. P. Perspektivy effektivnogo primeneniya zemleudobritel'nykh biopreparatov v zemledelii i rastenievodstve [Prospects for the effective use of land-fertilizing biological products in agriculture and crop production] // Perspektivy ispol'zovaniya innovatsionnykh form udobreniy, sredstv zashchity i regulyatorov rosta rasteniy v agrotekhnologiyakh sel'skokhozyaystvennykh kul'tur: materialy dokladov uchastnikov 9-y nauchno-prakticheskoy konferentsii "Anapa-2016". Anapa, 2016. Pp. 81–83. (In Russian.)
5. Kozhemyakov A. P., Laktionov Yu. V., Popova T. A., Orlova A. G., Kokorina A. L., Vayshlya O. B., Agafonov E. V., Guzhvin S. A., Churakov A. A., Yakovleva M. T. Agrotekhnologicheskie osnovy sozdaniya usovershenstvovannykh form mikrobynykh biopreparatov dlya zemledeliya [Agrotechnological bases of creation of improved forms of microbial biological products for agriculture] // Sel'skokhozyaystvennaya biologiya. 2015. T. 50. No. 3. Pp. 369–376. (In Russian.)
6. Laktionov Yu. V., Yakhno V. V., Kozhemyakov A. P. Novye podkhody v kul'tivirovani i primenenii mikrobiologicheskikh preparatov dlya rastenievodstva [New approaches in the cultivation and application of microbiological preparations for crop production] // Sovremennoe sostoyanie, problemy i perspektivy razvitiya agrarnoy nauk: materialy III Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii. 2018. Pp. 38–39. (In Russian.)
7. Laktionov Yu. V., Kosul'nikov Yu. V., Dudnikova D. V., Yakhno V. V., Kozhemyakov A. P. Otsenka ustoychivosti shtammov kluben'kovykh bakteriy soi k rekomenduemykh khimicheskimi fungitsidami [Evaluation of resistance of soybean nodule bacteria strains to recommended chemical fungicides] // Grain Economy of Russia. 2019. No. 1 (61). Pp. 62–67. (In Russian.)

8. Muntyan V. S., Akinina Yu. N., Simarov B. V., Rumyantseva M. L. Analiz strukturnogo polimorfizma gena puta, вовлеченного в метаболизм пролина у природных штаммов *Sinorhizobium meliloti* [Analysis of structural polymorphism of the puta gene involved in proline metabolism in natural strains of *Sinorhizobium meliloti*] // Aktual'naya biotekhnologiya. 2018. No. 3 (26). Pp. 429–431. (In Russian.)
9. Petukhova V. S., Skipin L. N., Bogdanova O. G. Sovershenstvovanie sposobov rekul'tivatsii burovykh shlamov [Improvement of methods of remediation of drill cuttings]. Tyumen: TIU, 2017. 140 p. (In Russian.)
10. Posypanov G. S. Metody izucheniya biologicheskoy fiksatsii azota vozdukh [Methods for studying the biological fixation of air nit]. Moscow: Agropromizdat, 1991. 299 p. (In Russian.)
11. Rumyantseva M. L., Vladimirova M. E., Muntyan V. S., Stepanova G. V., Saksaganskaya A. S., Kozhemyakov A. P., Orlova A. G., Becker A., Simarov B. V. Vysokoeffektivnye shtammy kluben'kovykh bakteriy lyutserny (*Medicago Varia L.*): molekulyarno-geneticheskaya kharakteristika i ispol'zovanie v sopryazhennoy selektsii [Highly effective strains of alfalfa nodule bacteria (*Medicago Varia L.*): molecular genetic characterization and use in conjugate breeding] // Sel'skokhozyaystvennaya biologiya. 2019. T. 54. No. 6. Pp. 1306–1323. (In Russian.)
12. Roumiantseva M. L., Muntyan V. S., Cherkasova M. E., Saksaganskaya A. S., Andronov E. E., Simarov B. V. Genomic islands in *sinorhizobium meliloti* RM1021, nitrogen-fixing symbiont of alfalfa // Russian Journal of Genetics. 2018. T. 54. No. 7. Pp. 759–769.
13. Saksaganskaya A. S., Muntyan V. S., Rumyantseva M. L. Polimorfizm genov kluben'kovykh bakteriy *Sinorhizobium meliloti*, determiniruyushchikh virulentnost' i stressoustoychivost' [Gene polymorphism of nodule bacteria *Sinorhizobium meliloti*, determining virulence and stress resistance] // V knige: Biologiya – Nauka KhKhI veka. Sbornik tezisov. Magnitogorsk: KT "Buki-Vedi", 2016. Pp. 44–45. (In Russian.)
14. Saksaganskaya A. S., Kozlova A. P., Muntyan V. S., Rumyantseva M. L. Dinamika obrazovaniya kluben'kov na kornyakh lyutserny shtammami *Sinorhizobium meliloti* raznykh NOD-genotipov [Dynamics of nodule formation on alfalfa roots by *Sinorhizobium meliloti* strains of different NOD genotypes] // Eksperimental'nye i teoreticheskie issledovaniya v sovremennoy nauke: sbornik statey po materialam V mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Novosibirsk, 2017. Pp. 50–56. (In Russian.)
15. Skipin L. N., Petukhova V. S., Perfil'ev N. V., Khramtsov N. V. Parametry zhiznedeyatel'nosti kluben'kovykh bakteriy pri izmenenii edaficheskikh faktorov [Parameters of vital activity of nodule bacteria when changing edaphic factors] // The Bulletin of KrasGAU. 2014. No. 6 (93). Pp. 103–108. (In Russian.)
16. Skipin L. N. Solontsy Sibiri: ekologicheskie aspekty osvoeniya [Solonets of Siberia: ecological aspects of development]. Tyumen, 2000. 261 p. (In Russian.)
17. Fung T. M. V., Manucharova N. A., Stepanov A. L., Pozdnyakov L. A., Selitskaya O. V., Emtsev V. T. Agrobacterium tumefaciens – assotsiativnaya azotfiksiruyushchaya bakteriya [Agrobacterium tumefaciens-associative nitrogen-fixing bacterium] // Moscow University Soil Science Bulletin. 2015. No. 3. Pp. 50–55. (In Russian.)
18. Yakobi L. M., Zheleznyakov S. V., Smetanin R. V., Lebedeva V. K., Kozhemyakov A. P. Issledovanie indutsirovannogo mutanta lyutserny khmelevidnoy (*Medicago lupulina* L. SUBSP. *Vulgaris koch*) po simbioticheskim priznakam pri obrazovanii mikoriznogo simbioza [Study of the induced mutant of alfalfa hop (*Medicago lupulina* L. SUBSP. *Vulgaris koch*) by symbiotic traits in the formation of mycorrhizal symbiosis] // VII S"ezd Vavilovskogo obshchestva genetikov i selektsionerov, posvyashchenny 100-letiyu kafedry genetiki SPbGU, i assotsiirovannye simpoziumy: sbornik tezisov Mezhdunarodnogo Kongressa. Saint Petersburg, 2019. P. 960. (In Russian.)
19. Yakobi L. M., Zheleznyakov S. V., Kozhemyakov A. P. Morphological description of non-effective arbuscular mycorrhiza developed by plant mutant (*Medicago lupulina* L. Subsp. *Vulgaris koch*.) in association with rhizophagus *irregularis* // PLAM-IC 2018 "Plants and microorganisms: Biotechnology of the future": proceedings of the international scientific conference. Ufa, 2018. P. 35.

Authors' information:

Leonid N. Skipin¹, doctor of agricultural sciences, professor, professor of the department of technosphere safety, ORCID 0000-0001-5778-9872, AuthorID 436872; +7 912 992-45-55

Elena V. Gaevaya¹, candidate of biological sciences, associate professor, professor of the department of technosphere safety, ORCID 0000-0002-0631-9149, AuthorID 816670; +7 922 269-17-81, gaevajaev@tyuiu.ru

Svetlana S. Tarasova¹, assistant of the department of technosphere safety, ORCID 0000-0002-5684-2819, AuthorID 933439; +7 982 935-08-91

¹ Tyumen Industrial University, Tyumen, Russia

Особенности паразитоценоза при эймериозе у молодняка жвачных животных

В. М. Усевич¹✉, Н. Г. Курочкина¹, М. Н. Дрозд¹, О. Г. Петрова¹

¹ Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

✉ E-mail: vus5@yandex.ru

Аннотация. Распространенность заболеваний кокцидиозами разных видов животных имеет мировые масштабы, поэтому к данной проблеме привлечено внимание ветеринарных специалистов всего мира. **Целью** настоящего исследования было изучить особенности видового состава и лабораторной диагностики эймериозов у молодняка жвачных животных и оценить эффективность лечения и профилактики при использовании лекарственных препаратов из разных групп. **Материалом** послужили козлята и телята. Исследования выполнены на базе двух хозяйств одного агрохолдинга Свердловской области. Диагностику проводили по клиническим лабораторным исследованиям. **Результаты.** Основным возбудителем кокцидиоза у козлят 120-дневного возраста являлась *Eimeria arloingi* (54 % от всех выявленных ооцист в пробах). Эймериоз протекал в виде смешанной инвазии *Eimeria arloingi* с *Eimeria ninaekohlyakimovae* (33 %) и *Eimeria intricata* (13 %). *Eimeria arloingi* (68 %), у 21-дневных козлят – *Eimeria ninaekohlyakimovae* (32 %). У телят 30-дневного возраста выявляли эймериозы, вызванные *Eimeria bovis* (100 %). В статье описаны результаты использования различных антикокцидийных препаратов в лечении и профилактике эймериозов. Приведена сравнительная оценка терапевтической эффективности известных кокцидиостатиков. Проведена оценка экономической эффективности разных групп препаратов. **Научная новизна** заключается в том, что проведена морфологическая и количественная оценка паразитоценозов при эймериозе у молодняка жвачных животных. Проведена сравнительная оценка эффективности различных традиционных средств и нового препарата для лечения эймериозов у телят и козлят. **Вывод.** Не все из использованных препаратов имеют одинаковую терапевтическую эффективность как по времени лечения, так и по качеству устранения этиологического фактора.

Ключевые слова: телята, козлята, эймериоз, эймерии, терапия, профилактика.

Для цитирования: Усевич В. М., Курочкина Н. Г., Дрозд М. Н., Петрова О. Г. Особенности паразитоценоза при эймериозе у молодняка жвачных животных // Аграрный вестник Урала. 2020. Специальный выпуск «Биология и биотехнологии». С. 91–100. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-14-91-100.

Дата поступления статьи: 02.10.2020.

Постановка проблемы (Introduction)

В настоящее время проблемы поддержания здоровья продуктивных животных остается актуальной, поскольку различные болезни приводят к снижению не только продуктивности животных, но и качества получаемой животноводческой продукции. Так, инфекционные болезни могут охватывать значительное поголовье животных, передаваться другим животным, некоторые относящиеся к группе антропозоонозных или зооантропонозных передаются человеку через продукты питания. Кроме инфекционных болезней, есть обширная группа инвазионных болезней, которые также могут быть контагиозными в отношении здоровья человека [2], [3].

Отдельная группа инвазионных болезней, вызываемых простейшими, значительно снижает резистентность организма животных. Приводит к нарушению пищеварения, усвоению съеденного корма и при отсутствии лечебной помощи может привести к истощению, а в конечном счете – к гибели животных. Одним из таких заболеваний является кокцидиоз (эймериоз) жвачных, вызываемый одноклеточными, относящимися к классу Sporozoa, отряд

Coccidia, семейство Eimeriidae, подсемейства Eimeriinae и Isosporinae, роды *Eimeria* и *Isospora*. Широта распространения эймериозов у разных видов животных имеет мировые масштабы, а степень поражения в разных странах мира колеблется от 33 до 100 %, поэтому к данной проблеме привлечено внимание ветеринарных специалистов всего мира, где тип питания людей не вегетарианский [6].

Эймериоз (кокцидиоз) поражает многие виды животных, но у каждого вида есть свои возбудители, и их видовой состав различен, при этом заболевание могут провоцировать сразу несколько родов эймерий [6–9].

Известно, что у овец и коз преимущественно заболевание вызывают эймерии *E. ninaekohlya-kimovae*, *E. arloingii*, *E. ahsata*, *E. faurei*. Заражению чаще всего подвергается молодняк от 15–20-дневного возраста до года. Выздоровевшие животные остаются источником инвазии [8], [10], [11], [14], [15].

У крупного рогатого скота чаще выявляют кокцидии *E. bovis*, *E. zurnii*, *E. auburnensis*. В основном заболевают молодые животные в возрасте до 2 лет, реже – животные старшего возраста, среди них распространено бессимптомное носительство [17–20].

Эймерии паразитируют внутри энтероцитов кишечника. Результат их паразитизма – воспаление кишечника, разрушение клеток слизистой – развивается эрозивный и язвенный энтерит или энтероколит, это приводит к дисбактериозу, снижению усвоения питательных веществ и упитанности животных, снижается естественная резистентность, развиваются интоксикация, диарея, нарушается водно-электролитный баланс в организме [1], [12], [13].

В эпителиоцитах эймерии проходят три стадии развития. Зрелые ооцисты попадают во внешнюю среду с фекалиями. Ооцисты эймерий высокоустойчивы во внешней среде и способны длительно сохранять свою контагиозность и заражать новых хозяев. Стадийное развитие способствует быстрому увеличению численности паразита в миллионы раз. При отсутствии своевременного лечения у молодняка наблюдается падеж. Переболевшие в молодом возрасте взрослые животные не могут дать высокую продуктивность (ни мясную, ни молочную). Помимо этого, они становятся латентными носителями и источником заражения других животных. Одним словом, кокцидиоз может стать причиной больших экономических потерь в хозяйстве.

Кроме того, многие заболевания вирусной, бактериальной и паразитарной этиологии сопровождаются схожими симптомами, главный из которых – диарея, соответственно, обезвоживание, апатия, снижение упитанности, отставание в росте, снижение иммунитета и развитие различных секундарных инфекций и другой патологии.

Своевременная дифференциальная диагностика способствует своевременному адекватному лечению таких животных. В настоящее время используют антикокцидийные препараты на основе аналогов тиамин, бензенацетонитрилов, триазинтрионов, пиридинов или оксипиридинов карбанилидов производных гуанидина, хиназолинов. Антикокцидным эффектом обладают сера, растительные кокцидиостатики на основе эфирных масел, а также моно- и дивалентные, гликозидные и негликозидные ионофорные кокцидиостатики. Поиск наиболее дешевых и эффективных лекарственных средств остается актуальным и в настоящее время [1], [4], [5].

Цель и задачи. В связи со всем вышеперечисленным была поставлена цель изучить особенности видового состава и лабораторной диагностики эймериозов у молодняка жвачных животных и оценить эффективность лечения и профилактики при использовании лекарственных препаратов из разных групп.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- 1) определить видовой состав эймерий, вызывающих кокцидиоз у козлят и телят в условиях промышленного животноводства в сельхозпредприятии Среднего Урала;
- 2) оценить эффективность лабораторной диагностики;
- 3) сравнить терапевтическую и экономическую эффективность лечения кокцидиоза у телят и козлят разными препаратами.

Методология и методы исследования (Methods)

Исследования выполнены на базе двух хозяйств одного агрохолдинга Свердловской области. Одно козоводческое хозяйство – основное направление по производству сыров,

другое – скотоводческое – по производству молока. Оба хозяйства расположены по периметру г. Екатеринбурга. В обоих хозяйствах отмечаются заболевания молодняка, сопровождающиеся диспептическими расстройствами, которые регистрируются не у новорожденных животных, а у уже подращенного молодняка, ярко проявляются при переводе животных из одного помещения в другое, иногда отмечали эти симптомы при смене рациона. В связи с вышеперечисленным были проведены диагностические исследования.

Исследования проводили в козоводческом хозяйстве на альпийских козах и в молочно-товарном комплексе на телятах голштинизированной черно-пестрой породы. Лабораторные исследования выполнены на кафедре инфекционной и незаразной патологии Уральского аграрного университета и Свердловской областной ветеринарной лаборатории.

Материалом послужили козлята альпийской породы 4-месячного (120-дневного) возраста, козлята 3-недельного (21-дневного) возраста и телята месячного возраста.

Для проведения исследований животных подбирали по принципу аналогов и делили на две группы в каждой возрастной группе с характерными признаками диспептических расстройств, сходных с признаками эймериоза (таблица 1).

Перед началом исследований проводили полное клиническое исследование животных, затем копрологические и гельминтоооцистоскопические, для исключения бактериологических инфекций проводили исследования в бактериологическом отделе областной ветеринарной лаборатории.

Материалом для копрологических и гельминтоооцистоскопических исследований служили пробы фекалий, отобранных из прямой кишки индивидуально. Пробы фекалий исследовали по общепринятым методикам: методом нативного мазка и методом Фюллеборна, согласно ГОСТ Р 54627-2011. Микроскопию мазков проводили с помощью микроскопа «Микромед-1», а фотофиксацию – с помощью цифровой фотокамеры Levenhuk C series C300. Цифровой материал обрабатывали статистически. После выявления ооцист эймерий животных делили на группы, проводили лечение, затем определяли терапевтическую и экономическую эффективность известных кокцидиостатиков на основе ампролиума, толтразурила и на основе хлорноватистой кислоты, полученной электрохимическим способом.

Животным I контрольной группы лекарственных препаратов не давали.

Козлятам I опытной группы задавали порошок «Ампробел-Р» двумя курсами. Всем животным из группы лекарственный препарат выпаивали индивидуально с водой в дозе 0,04 г/кг живой массы тела. Курс лечения составлял 4 дня подряд. Через 5 дней проводили второй курс терапии.

Для исследования козлят младшей возрастной группы подобрали еще 2 группы животных по принципу аналогов в возрасте 21 дня по 10 голов в каждой. При этом оценивали эффективность кокцидиостатика «Стоп-Кокцид» (международное непатентованное наименование – толтразурил). Животные II контрольной группы лечения не

получали. Козлятам II опытной группы суспензию выпаивали однократно в дозе 0,3 мл на 1 кг живой массы.

При исследовании телят из молочно-товарного комплекса с признаками диспептических расстройств в возрасте 1 месяца также подбирали группы по принципу аналогов. Телят разделили на 3 группы по 10 голов в каждой. Перед началом исследований проводили полное клиническое исследование животных, затем копрологические и гельминтоооцистоскопические исследования.

При подтверждении диагноза телят разделили на 3 группы: III контрольная, III и IV опытные (таблица 1).

Телята III контрольной группы лечения не получали. Телята III опытной группы получали препарат «Толтарокс» (международное непатентованное название – толтразурил) однократно из расчета 3,0 мл на 10 кг живой массы. Телята IV опытной группы получали нейтральный анолит «АНК-Плюс», разведенный водой из расчета 1:10; на одно животное выпаивали раствор в дозе 150 мл с водой один раз в сутки в течение 3 дней подряд.

Таблица 1
Схема исследования

| Группа | Вид животных | Количество голов | Возраст, дней | Схема лечения | Дни исследований фекалий |
|-----------------|--------------|------------------|---------------|---|--|
| I контрольная | Козлята | 12 | 120 | – | 0 (до начала исследований), на 6-й, 12-й, 18-й дни от начала опыта |
| I опытная | Козлята | 12 | 120 | Два курса «Ампробел-Р» в дозе 0,04 г на 1 кг живой массы внутрь в течение 4 дней подряд с интервалом 5 дней | 0 (до начала исследований), на 6-й, 12-й, 18-й дни от начала опыта |
| II контрольная | Козлята | 10 | 21 | – | 0 (до начала исследований), на 6-й, 12-й, 18-й дни от начала опыта |
| II опытная | Козлята | 10 | 21 | Суспензия «Стоп-Кокцид» однократно внутрь в дозе 0,3 мл на 1 кг живой массы | 0 (до начала исследований), на 6-й, 12-й, 18-й дни от начала опыта |
| III контрольная | Телята | 10 | 30 | – | 0 (до начала исследований), на 6-й, 12-й, 18-й дни от начала опыта |
| III опытная | Телята | 10 | 30 | «Толтарокс» 3,0 мл на 10 кг живой массы | 0 (до начала исследований), на 6-й, 12-й, 18-й дни от начала опыта |
| IV опытная | Телята | 10 | 30 | Анолит «АНК-Плюс». Разведение 1:10, 150 мл на голову | 0 (до начала исследований), на 6-й, 12-й, 18-й дни от начала опыта |

Table 1
Scheme of research

| Group | Type of animals | Number of animals, heads | Age, days | Treatment regimen | Fecal research days |
|-----------------|-----------------|--------------------------|-----------|---|---|
| I control | Goatlings | 12 | 120 | – | 0 (before the start of research), 6 th , 12 th , 18 th days from the start of the experiment |
| I experienced | Goatlings | 12 | 120 | Two courses of "Amprobel-R" at a dose of 0.04 g per 1 kg of live weight inside for 4 consecutive days, with an interval of 5 days | 0 (before the start of research), 6 th , 12 th , 18 th days from the start of the experiment |
| II control | Goatlings | 10 | 21 | – | 0 (before the start of research), 6 th , 12 th , 18 th days from the start of the experiment |
| II experienced | Goatlings | 10 | 21 | Suspension "Stop-Coccid" once inside at a dose of 0.3 ml per 1 kg of live weight | 0 (before the start of research), 6 th , 12 th , 18 th days from the start of the experiment |
| III control | Calves | 10 | 30 | – | 0 (before the start of research), 6 th , 12 th , 18 th days from the start of the experiment |
| III experienced | Calves | 10 | 30 | "Toltarox" 3.0 ml per 10 kg of live weight of a calf | 0 (before the start of research), 6 th , 12 th , 18 th days from the start of the experiment |
| IV experienced | Calves | 10 | 30 | Anolyte "ANK-Plus". Dilution 1:10; 150 ml per head | 0 (before the start of research), 6 th , 12 th , 18 th days from the start of the experiment |

У всех телят определяли живую массу на момент начала опыта и через 30 дней от начала исследований, среднесуточный привес за этот период, продолжительность лечения, процент выздоровления. Регулярно проводили ежедневный клинический осмотр. Повторно пробы фекалий брали на 6-й, 12-й и 18-й дни исследования от начала эксперимента, это обусловлено циклом развития кокцидий. Кроме того, до начала исследования и после него производили взвешивание животных опытных и контрольных групп.

Для сравнения лекарственных препаратов стоит отметить, что толтразурил относится к антикокцидийным препаратам широкого спектра действия группы триазинона. А нейтральный анолит АНК-Плюс является электрохимически активированным раствором, полученным на основе раствора хлорида натрия (в концентрации выше 5 г/л) и питьевой водопроводной воды при прохождении через них электрического тока. Концентрация оксидантов раствора равна 0,09 %, pH – 8,0, окислительно-восстановительный потенциал (ОВП) +810 мВ. Эти растворы обладают антибактериальными и спороцидными свойствами и используются как дезинфицирующее и стерилизующее средство.

Результаты (Results)

В качестве основных возбудителей в козоводческом комплексе у козлят разного возраста были выявлены *Eimeria arloingi*, *Eimeria ninaekohlyakimovae* и *Eimeria intricata*. У козлят в результате гельминтоооцистоскопического исследования выявлены ооцисты эймерий *Eimeria arloingi* (53 %), *Eimeria ninaekohlyakimovae* (33 %), *Eimeria intricata* (13 %) (рис. 1, 2, 3).

Эймерии *E. arloingi* представлены ооцистами овальной формы, отличительная особенность которых – микропиле и «вдавленная» крышечка на одном конце. Средний размер ооцисты – 28,3 × 17,8 мкм.

Эймерии *E. ninaekohlyakimovae* представлены ооцистами округлой формы. Отличаются они отсутствием микропиле и крышечки. Средний размер составляет 18,3 × 21,4 мкм.

У ооцист эймерий *E. Intricata* форма также овальная, но более вытянутая, яйцеподобная. На одном конце ооцисты микропиле прикрыто более поверхностно расположенной крышечкой.

По результатам клинических и лабораторных (копрологического и гельминтоооцистоскопического) исследований у телят установили диагноз эймериоз крупного рогатого скота. Проведенное микроскопическое исследование кала методом нативного мазка выявило наличие ооцист *Eimeria bovis* у всех телят. Метод исследований фекалий по Фюллеборну также показал наличие ооцист *Eimeria bovis* у всех животных, при этом яиц гельминтов не обнаружено.

В результате гельминтоооцистоскопического исследования фекалий телят выявлены ооцисты эймерий (*Eimeria Bovis*). *Eimeria Bovis* – представлен ооцистами, имеющими яйцеобразную и овальную форму, при этом узкий конец несколько притуплен. Размер ооцист находится в пределах (33,3–50,4) × (26,2–36,7) мкм. Оболочка ооцист эймерий гладкая, имеет двухконтурную окраску по краю, обычно коричневого или желтого цвета. У половозрелых возбудителей имеется микропиле, которое расположено на суженном конце ооцисты. Основной рост и развитие паразита (эндогенные стадии) происходит в нижнем отделе тонкого кишечника и в толстом отделе кишечника. Образование гаметогоний – в толстой кишке. Спорогония продолжается 2–3 дня. Активный рост эймерий занимает 20 суток; препатентный период занимает 18, а патентный – 6 дней (рис. 4, 5).



Рис. 1. *Eimeria arloingi*
Fig. 1. *Eimeria arloingi*

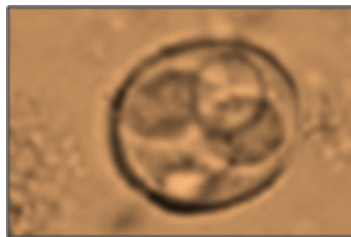


Рис. 2. *Eimeria ninaekohlyakimovae*
Fig. 2. *Eimeria ninaekohlyakimovae*

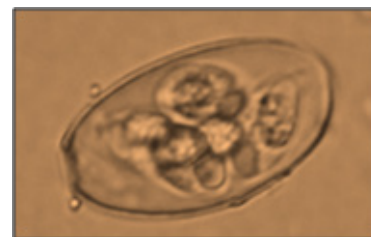


Рис. 3. *Eimeria intricata*
Fig. 3. *Eimeria intricata*

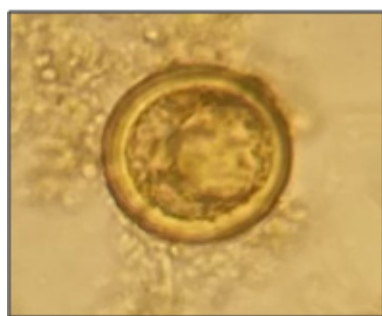


Рис. 4. *Eimeria bovis*, неспорулированная ооциста
Fig. 4. *Eimeria bovis*, unsporulated oocyst

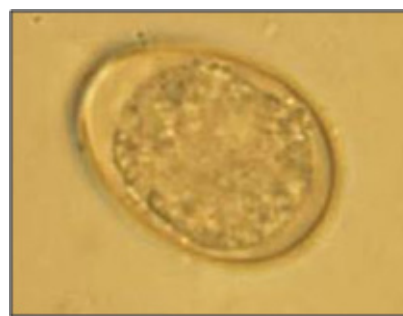


Рис. 5. *Eimeria bovis*, спорулированная ооциста
Fig. 5. *Eimeria bovis*, sporulated oocyst

Интенсивность инвазии у молодняка жвачных животных

| Интенсивность Вид животных | Количество ооцист | | | | | | |
|-------------------------------|-------------------|-------------|----------------|------------|-----------------|-------------|------------|
| | Козлята | | | | Телята | | |
| | 120 дней | | 21 дней | | 30 дней | | |
| Группы | I контрольная | I опытная | II контрольная | II опытная | III контрольная | III опытная | IV опытная |
| До начала опыта | 50,2 ± 19,8 | 46,6 ± 18,9 | 10,8 ± 1,1 | 10,9 ± 1,1 | 25,8 ± 2,2 | 26,1 ± 1,5 | 24,2 ± 1,2 |
| На 6-й день | 52,75 ± 20,9 | 15,9 ± 8,6 | 13,5 ± 1,8 | 1,6 ± 0,3 | 28,2 ± 1,1 | 14,0 ± 1,0 | 10,2 ± 1,2 |
| На 12-й день | 53,5 ± 19,3 | 2,9 ± 1,0 | 22,4 ± 2,4 | 1,3 ± 0,4 | 29,3 ± 0,5 | 7,4 ± 1,0 | 5,1 ± 0,2 |
| На 18-й день | 55,1 ± 18,9 | 0 | 26,4 ± 3,3 | 0,2 ± 0,2 | 32,0 ± 2,0 | 0,2 ± 0,2 | 0 |

Table 2

Intensity of infestation in young ruminants

| Intensity Type of animal | Number of oocysts | | | | | | |
|------------------------------|-------------------|---------------|------------|----------------|-------------|-----------------|----------------|
| | Goatlings | | | | Calves | | |
| | 120 days | | 21 days | | 30 days | | |
| Groups | I control | I experienced | II control | II experienced | III control | III experienced | IV experienced |
| Before the experience begins | 50.2 ± 19.8 | 46.6 ± 18.9 | 10.8 ± 1.1 | 10.9 ± 1.1 | 25.8 ± 2.2 | 26.1 ± 1.5 | 24.2 ± 1.2 |
| On day 6 th | 52.75 ± 20.9 | 15.9 ± 8.6 | 13.5 ± 1.8 | 1.6 ± 0.3 | 28.2 ± 1.1 | 14.0 ± 1.0 | 10.2 ± 1.2 |
| On day 12 th | 53.5 ± 19.3 | 2.9 ± 1.0 | 22.4 ± 2.4 | 1.3 ± 0.4 | 29.3 ± 0.5 | 7.4 ± 1.0 | 5.1 ± 0.2 |
| On day 18 th | 55.1 ± 18.9 | 0 | 26.4 ± 3.3 | 0.2 ± 0.2 | 32.0 ± 2.0 | 0.2 ± 0.2 | 0 |

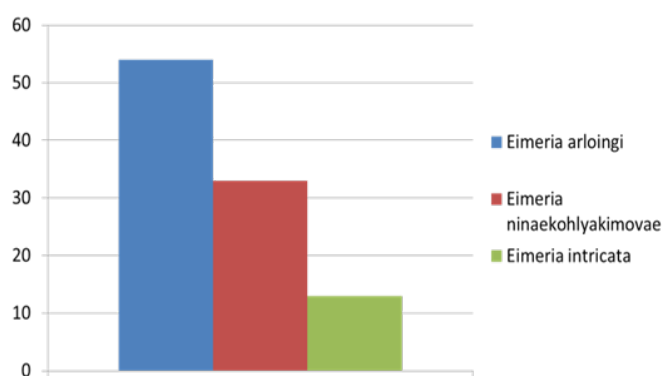


Рис. 6. Видовой состав ооцист эймерий у козлят 120-дневного возраста

Fig. 6. Species composition of *Eimeria* oocysts in 120-day-old goats

В результате копрологического исследования установили интенсивность инвазии у молодняка жвачных животных, которая составила 2–87 экземпляров ооцист эймерий в поле зрения микроскопа. Так, в I контрольной группе животных в пробах интенсивность инвазии была 3–106 ооцист в поле зрения микроскопа (таблица 2)

У козлят 120-дневного возраста самым распространенным видом являлась *Eimeria arloingi*, она составляла 54 % от всех выявленных ооцист в пробах. Эймериоз протекал в виде смешанной инвазии *Eimeria arloingi* с *Eimeria ninaekohlyakimovae* (33 %) и *Eimeria intricata* (13 %) (рис. 6).

В результате первого курса применения препарата «Ампробел-Р» (на 6-й день) у козлят улучшился аппетит и повысилась активность, интенсивность инвазии составляла 2–36 ооцист в поле зрения. На 12-й день – значительно увеличилась масса тела животных, пропала анемичность слизистых оболочек, интенсивность инвазии составила 1–5 ооцист эймерий в поле зрения. На 18-й день дачи ампробела в фекалиях коз ооцисты эймерий не были обнаружены, отсутствовали клинические признаки эймериоза.

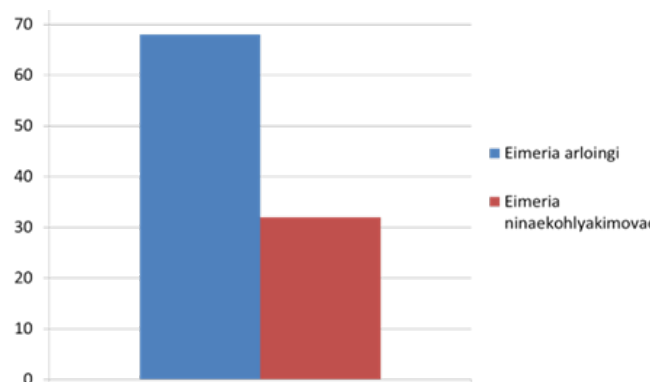


Рис. 7. Видовой состав ооцист эймерий у козлят 21-дневного возраста

Fig. 7. Species composition of *Eimeria* oocysts in 21-day-old goats.

Данные взвешивания животных по группам приведены в таблице 3. Побочных явлений у молодняка жвачных животных после применения кокцидиостатика не выявлено.

Средняя масса козлят I опытной группа была выше на 6,2 %, а среднесуточные привесы на 38,9 % выше, чем в I контрольной группе, что свидетельствует о снижении инвазии и терапевтической эффективности препарата «Ампробел-Р».

У козлят в 21-дневном возрасте преобладали ассоциации эймерии двух видов – *Eimeria arloingi* (68 %), *Eimeria ninaekohlyakimovae* (32 %) (рис. 7).

В результате первичного исследования фекалий от козлят 21-дневного возраста была определена интенсивность инвазии, которая составила от 0 до 20 ооцист эймерий в поле зрения микроскопа, что свидетельствует о слабой степени интенсивности инвазии, которая часто протекает бессимптомно в этом возрасте у козлят. Однако с целью купирования дальнейшего эймерионосительства был использован препарат «Стоп-Кокцид».

Таблица 3
Динамика живой массы у молодняка жвачных животных

| Показатели | Группа, вид животных | | | | | | |
|---|----------------------|--------------|----------------|-------------|-----------------|-------------|-------------|
| | I контрольная | I опытная | II контрольная | II опытная | III контрольная | III опытная | IV опытная |
| | Козлята | | Козлята | | Телята | | |
| Возраст | 120 | 120 | 21 | 21 | 30 | 30 | 30 |
| Средняя живая масса до начала, кг | 20,3 ± 1,69 | 20,6 ± 1,55 | 10,5 ± 1,52 | 10,1 ± 1,25 | 45,1 ± 1,25 | 45,1 ± 1,52 | 45,3 ± 1,5 |
| Средняя живая масса через 30 дней после лечения, кг | 21,98 ± 1,18 | 23,35 ± 2,09 | 11,52 ± 1,39 | 12,7 ± 1,45 | 60,7 ± 1,3 | 61,4 ± 1,2 | 62,2 ± 1,39 |
| Среднесуточные привесы, г | 76,4 ± 1,36 | 125,0 ± 2,0 | 56,7 ± 3,0 | 144,4 ± 2,5 | 521,0 ± 3,5 | 543,0 ± 5,0 | 563,6 ± 4,0 |

Table 3
Dynamics of live weight in young ruminants

| Indicators | Group, type of animals | | | | | | |
|---|------------------------|---------------|--------------|----------------|-------------|-----------------|----------------|
| | I control | I experienced | II control | II experienced | III control | III experienced | IV experienced |
| | Kids | | Kids | | Calves | | |
| Age | 120 | 120 | 21 | 21 | 30 | 30 | 30 |
| Average live weight before starting, kg | 20.3 ± 1.69 | 20.6 ± 1.55 | 10.5 ± 1.52 | 10.1 ± 1.25 | 45.1 ± 1.25 | 45.1 ± 1.2 | 45.3 ± 1.5 |
| Average live weight 30 days after treatment, kg | 21.98 ± 1.18 | 23.35 ± 2.09 | 11.52 ± 1.39 | 12.7 ± 1.45 | 60.7 ± 1.3 | 61.4 ± 1.2 | 62.2 ± 1.39 |
| Average daily weight gain, g | 76.4 ± 1.36 | 125.0 ± 2.0 | 56.7 ± 3.0 | 144.4 ± 2.5 | 521.0 ± 3.5 | 543.0 ± 5.0 | 563.6 ± 4.0 |

Таблица 4
Результаты лечения эймериоза телят

| Группы | Ооцисты до лечения | Ооцисты после лечения | Количество дней клинического проявления болезни | Процент выздоровления |
|-----------------|--------------------|-----------------------|---|-----------------------|
| III контрольная | + | + | – | 0 |
| III опытная | + | – | 5,5 | 100 |
| IV опытная | + | – | 4 | 100 |

Table 4
The results of the treatment of an eimerios calves

| Groups | Oocysts before treatment | Oocysts after treatment | Number of days of clinical manifestation of the disease | Percent of recoveries |
|-----------------|--------------------------|-------------------------|---|-----------------------|
| III control | + | + | – | 0 |
| III experienced | + | – | 5.5 | 100 |
| IV experienced | + | – | 4 | 100 |

Проведенные копрологические исследования на 6-й, 12-й и 18-й дни у II опытной группы показали, что степень интенсивности инвазии снизилась на 89 % и клинические признаки эймериоза у II опытной группы отсутствовали, в то время как во II контрольной группе интенсивность инвазии возросла в 2,45 раза, обнаруживали до 2–55 ооцист эймерий в поле зрения микроскопа, у козлят начали проявляться первые признаки инвазии в виде диареи и снижения аппетита.

У телят 30-дневного возраста в III контрольной группе интенсивность инвазии возрастала, в III и IV опытных группах снижалась на 98,1 % и на 100 % соответственно, что показывает терапевтическую эффективность использованных антикокцидийных препаратов.

При анализе контроля набора живой массы у козлят 21-дневного возраста при проведении лечебно-профилактических мероприятий живая масса козлят II опытной группы увеличилась на 25,7 %, а у козлят II контрольной группы без лечения увеличилась только на 9,7 %.

Средняя масса козлят II опытной группы была выше на 9,3 %, а среднесуточные привесы выше в 2,5 раза, чем во II контрольной группе, что свидетельствует о снижении инвазии и профилактической эффективности препарата «Стоп-Кокцид». Кроме того, на 10-й день исследования во II контрольной группе пало 2 козленка.

В таблице 4 представлены результаты лечения эймериоза у телят по количеству дней лечения и проценту выздоровления телят (освобождения от эймерий).

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Проведенные исследования показали, что в контрольной группе животные не выздоровели.

В III опытной группе у телят через 3,5 дня были отмечены позитивные изменения состояния здоровья: появились активность, аппетит, прекратилась диарея, нормализовалась перистальтика кишечника, температура, частота пульса и дыхания вернулись к показателям стандартного интервала. Продолжительность болезни составила 5,5 дня, терапевтический эффект – 100 %. Среднесуточный привес за 30 дней от начала лечения составил 521 г, что на 22 г больше, чем в контроле.

В IV опытной группе применение нейтрального анолита «АНК-Плюс» как самостоятельного лекарственного препарата также оказало положительное терапевтическое воздействие на состояние телят. Заметные улучшения состояния здоровья телят наступили через 2 дня, продолжительность заболевания – 4 дня. Среднесуточный привес составил 543 г, что на 42 г больше, чем в контрольной.

Экономическая эффективность по применению антикокцидийных препаратов у молодняка жвачных животных с применением препарата «Ампробел-Р» у козлят 120-дневного возраста составляет 35,8 рубля на 1 рубль затрат; от проведенных профилактических мероприятий с использованием суспензии «Стоп-Кокцид» у козлят 21-дневного возраста – 15 рублей на 1 рубль затрат, а у телят 30-дневного возраста экономическая эффективность «Толтарокса» составила 6,3 рубля на 1 рубль затрат, анолита «АНК-Плюс» – 2 рубля на 1 рубль затрат.

Проанализировав полученные результаты, можно сделать следующие выводы:

1. Основным возбудителем кокцидиоза у козлят 120-дневного возраста являлась *Eimeria arloingi* (54 %) от всех выявленных ооцист в пробах. Эймериоз протекал в виде смешанной инвазии *Eimeria arloingi* с *Eimeria ninaekohlyakimovae* (33 %) и *Eimeria intricata* (13 %).

2. У козлят в 21-дневном возрасте регистрировались ассоциации эймерии двух видов – *Eimeria arloingi* (68 %), *Eimeria ninaekohlyakimovae* (32 %).

3. Терапевтическая эффективность кокцидиостатического препарата «Ампробел-Р» при кокцидиозах коз со 120-дневного возраста составляет 100 %.

4. Эффективность лечебно-профилактических мероприятий с применением суспензии «Стоп-Кокцид» при эймериозах козлят с 21-дневного возраста составила 89 %.

5. Экономическая эффективность проведенных терапевтических мероприятий с применением препарата «Ампробел-Р» составила 35,8 рубля на 1 рубль затрат; от проведенных профилактических мероприятий с использованием суспензии «Стоп-Кокцид» – 15 рублей на 1 рубль затрат.

6. У телят 30-дневного возраста выявляли эймериозы, вызванные *Eimeria bovis* (100 %).

7. Наиболее экономически эффективным средством в борьбе с эймериозом телят является «Толтарокс» (6,3 рубля на 1 рубль затрат).

8. Нейтральный электролит «АНК-Плюс» как монопрепарат терапевтически эффективен в отношении *Eimeria bovis*. Введение его в качестве самостоятельного лечебного средства является терапевтически оправданным. Улучшение состояния молодняка при использовании анолита «АНК-Плюс» наступает быстрее, чем при применении «Толтарокса», но экономическая эффективность составляет 2 рубля на 1 рубль затрат.

Библиографический список

1. Желябовская Д. А. [и др.] Антибиотикочувствительность и антибиотикорезистентность патогенных и условно-патогенных энтеробактерий, выделенных из кишечника новорожденных телят // Вестник КрасГАУ. 2017. № 11. С. 27–33.
2. Печура Е. В., Порываева А. П., Сажаев И. М., Куткина Н. А. Распространение кокцидиозов крупного рогатого скота в животноводческих предприятиях Свердловской области // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2020. № 2 (83). С. 187–194.
3. Сажаев И. М., Печура Е. В. Эпизоотологический мониторинг паразитозов у крупного рогатого скота на территории Свердловской области // Актуальные проблемы и вопросы ветеринарной медицины и биотехнологии в современных условиях развития: материалы региональной научно-практической межведомственной конференции. Самара, 2016. С. 151–155.
4. Верещак Н. А., Порываева А. П., Печура Е. В. [и др.]. Эймериозная инвазия и формирование общей резистентности у телят // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. 2016. № 4. С. 16.
5. Donnik I. M., Shkuratova I. A. Molecular-genetic and immunobiochemical markers in assessing the health of agricultural animals // Herald of the Russian Academy of Sciences. 2017. T. 87. No. 2. Pp. 139–142.
6. Keeton S. T. N., Navarre C. B. Coccidiosis in large and small ruminants // Veterinary Clinics of North America Food Animal Practice. 2018. Vol. 34. Pp. 201–208. DOI: 10.1016/j.cvfa.2017.10.009.
7. Taylor M. A., Coop R. L., Wall R. L. Veterinary parasitology. 4th edition. Ames (IA): Wiley Blackwell, 2016. 1032 p.
8. Schoenian S. Coccidiosis: deadly scourge of lambs and kids. Maryland small ruminant page [e-resource]. URL: <http://www.sheepandgoat.com/coccidiosis>. 2016 (appeal date: Feb. 01, 2019).
9. Coccidiosis. Calfology [e-resource]. URL: <http://calfology.com/library/wiki/coccidiosis> (appeal date: Jan. 31, 2019). DOI: 10.13140 / RG.2.2.17932.62088.

10. Gibbons P., Love D., Craig T., et al. Efficacy of treatment of elevated coccidial oocyst counts in goats using amprolium versus ponazuril // *Veterinary Parasitology*. 2016. No. 218. Pp. 1–4.
11. Mohamaden W. I., Sallam N. H., Abouelhassan E. M. Prevalence of *Eimeria* species among sheep and goats in Suez Governorate, Egypt // *International Journal of Veterinary Science and Medicine*. 201. No. 6. Pp. 65–72.
12. Kumar B., Maharana B. R., Prasad A., Joseph J. P., Patel B., Patel J. S. Seasonal incidence of parasitic diseases in bovines of south western Gujarat (Junagadh), India // *Journal of Parasitic Diseases*. 2016. Vol. 40. Iss. 4. Pp. 1342–1346.
13. Hatam Nahavandi K., Mahvi A. H., Mohebbali M., Keshavarz H., Rezaei S., Mirjalali H., et al. Molecular typing of *Eimeria ahsata* and *E. crandallis* isolated from slaughterhouse wastewater // *Jundishapur Journal of Microbiology*. 2016. Vol. 9. Iss. 4. Article number e34140.
14. Satish A. C., Nagarajan K., Balachandran C., Soundararajan C., Legadevi R. Gross and Histopathology of Coccidiosis in Small Ruminants in Tamil Nadu // *International Journal of Livestock Research*. 2019. No. 9 (02). DOI: 10.5455/ijlr.20180603054413.
15. Oliveira de Macedo L., Bezerra Santos M. A., Marinho da Silva N. M., Maciel do Rêgo Barros G. M., Alves L. C., Giannelli A., Nascimento Ramos R. A., Aparecida de Carvalho G. Morphological and epidemiological data on *Eimeria* species infecting small ruminants in Brazil // *Small Ruminant Research*. 2019. No. 171. Pp. 37–41.
16. Ahmad T. A., Tawfik D. M., Sheweita S. A., Haroun M., El-Sayed L. H. Development of immunization trials against *Acinetobacter baumannii* // *Trials in Vaccinology*. 2016. No. 5. Pp. 38–47. DOI: 10.1016/j.trivac.2016.03.
17. Al-Habsi K., Yang R., Ryan U., Miller D. W., Jacobson C. Morphological and molecular characterization of three *Eimeria* species from captured rangeland goats in Western Australia. // *Veterinary Parasitology: Regional Studies and Reports*. 2017. Vol. 9. Pp. 75–83. DOI: 10.1016/j.vprsr.2017.05.001.
18. Khodakaram-Tafti A., Hashemnia M. An overview of intestinal coccidiosis in sheep and goats // *Revue de médecine vétérinaire (Toulouse)*. 2017. Vol. 167. Pp. 9–20.
19. Kyriánová I., Vadlejch J., Langrová I. Eimeriosis seasonal dynamics patterns an organic sheep farm in the Czech Republic // *Scientia Agriculturae Bohemica*. 2017. Vol. 48. Pp. 70–75.
20. Silva L. M. R., Chávez-Maya F., Macdonald S., Pegg E., Blake D. P., Taubert A., Hermosilla C. 2017. A newly described strain of *Eimeria arloingi* (strain A) belongs to the phylogenetic group of ruminant-infecting pathogenic species, which replicate in host endothelial cells in vivo // *Veterinary Parasitology*. 248, 28–32. DOI: 10.1016/j.vetpar.2017.10.014.

Об авторах:

Вера Михайловна Усевич¹, кандидат ветеринарных наук, доцент, ORCID 0000-0002-538992-77, AuthorID 654193; +7 904 542-52-25, vus5@yandex.ru

Наталья Григорьевна Курочкина¹, кандидат ветеринарных наук, доцент, ORCID 0000-0003-4659-5591, AuthorID 478591; +7 952 727-09-76, kng9@mail.ru

Марья Николаевна Дрозд¹, ассистент кафедры инфекционной и незаразной патологии, ORCID 0000-0001-2345-6789, AuthorID 843196; +7 904 542-58-23, umn100@yandex.ru

Ольга Григорьевна Петрова¹, доктор ветеринарных наук, профессор, ORCID 0000-0003-3105-1751, AuthorID 407548; +7 965 517-52-02, super.kafedra2013@yandex.ru

¹ Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

Features of parasitocenosis in eimeriosis in young ruminants

V. M. Usevich¹✉, N. G. Kurochkina¹, M. N. Drozd¹, O. G. Petrova¹

¹ Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

✉ E-mail: vus5@yandex.ru

Abstract. The prevalence of coccidiosis diseases of various animal species has a global scale, so this problem has attracted the attention of veterinary specialists around the world. **The purpose** of this study was to study the specific features of the species composition and laboratory diagnostics of eimeriosis in young ruminants and to evaluate the effectiveness of treatment and prevention when using drugs from different groups. **The material** for the study was goats and calves. The research was carried out on the basis of two farms of the same agricultural holding in the Sverdlovsk region. Diagnostics was performed based on clinical and laboratory studies. **Results of the study.** The main pathogens in the goat breeding complex in goats of different ages were identified: the main causative agent of coccidiosis in 120-day-old goats was *Eimeria arloingi*, which accounted for 54 % of all detected oocysts in the samples. Eimeriosis occurred as a mixed invasion of *Eimeria arloingi* with *Eimeria ninaekohlyakimovae* (33 %) and *Eimeria intracata* (13 %). *Eimeria arloingi* (68 %), in 21-days-old goats – *Eimeria ninaekohlyakimovae* (32 %). Eimeriosis caused by *Eimeria bovis* was detected in 30-days-old calves (100 %). The article describes the results of using various anticoccidial drugs in the treatment and prevention of eimeriosis. A comparative evaluation of the therapeutic effectiveness of known coccidiostatics is given. The economic efficiency of different groups of drugs was evaluated. **The scientific**

novelty lies in the fact that the morphological and quantitative assessment of parasitocenoses in eimeriosis in young ruminants was carried out. A comparative evaluation of the effectiveness of various traditional remedies and a new drug for the treatment of eimeriosis in calves and goats was carried out. **Conclusion.** Not all of the drugs used have the same therapeutic effectiveness both in terms of treatment time and the quality of elimination of the etiological factor.

Keywords: calves, goats, Eimeria, treatment, prevention.

For citation: Usevich V. M., Kurochkina N. G., Drozd M. N., Petrova O. G. Features of parasitocenosis in eimeriosis in young ruminants // Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. Special issue "Biology and biotechnologies". Pp. 91–100. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-14-91-100. (In Russian.)

Paper submitted: 02.10.2020.

References

1. Zhelyabovskaya D. A., et al. Antibiotikochuvstvitel'nost' i antibiotikorezistentnost' patogennykh i uslovno-patogennykh enterobakteriy, vydelennykh iz kishchnika novorozhdennykh telyat [Antibiotic sensitivity and antibiotic resistance of pathogenic and opportunistic enterobacteria isolated from the intestines of newborn calves] // Vestnik KrasGAU 2017. No. 11. Pp. 27–33. (In Russian.)
2. Pechura E. V., Poryvayeva A. P., Sazhayev I. M., Kutkina N. A. Rasprostraneniye koktsidiozov krupnogo rogatogo skota v zhivotnovodcheskikh predpriyatiyakh Sverdlovskoy oblasti [Distribution of coccidiosis of cattle in livestock enterprises of the Sverdlovsk region] // Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2020. No. 2 (83). Pp. 187–194. (In Russian.)
3. Sazhayev I. M., Pechura E. V. Epizootologicheskoy monitoring parazitov u krupnogo rogatogo skota na territorii Sverdlovskoy oblasti [Epizootological monitoring of parasitosis in cattle on the territory of the Sverdlovsk region] // Aktual'nyye problemy i voprosy veterinarnoy meditsiny i biotekhnologii v sovremennykh usloviyakh razvitiya: materialy regional'noy nauchno-prakticheskoy mezhdvdomstvennoy konferentsii. Samara, 2016. Pp. 151–155. (In Russian.)
4. Vereshchak N. A., Poryvayeva A. P., Pechura E. V., et al. Eymerioznaya invaziya i formirovaniye obshchey rezistentnosti u telyat [Eimeriosis invasion and formation of general resistance in calves] // Voprosy normativno-pravovogo regulirovaniya v veterinarii. 2016. No. 4. P. 16. (In Russian.)
5. Donnik I. M., Shkuratova I. A. Molecular-genetic and immunobiochemical markers in assessing the health of agricultural animals // Herald of the Russian Academy of Sciences. 2017. T. 87. No. 2. Pp. 139–142.
6. Keeton S. T. N., Navarre C. B. Coccidiosis in large and small ruminants [e-resource] // Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice. 2018. Vol. 34. Iss. 1. Pp. 201–208. DOI: 10.1016/j.cvfa.2017.10.009. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0749072017300890?via%3Dihub> (appeal date: 30.01.2020).
7. Keeton S. T. N., Navarre C. B. Coccidiosis in large and small ruminants // Veterinary Clinics of North America Food Animal Practice. 2018. Vol. 34. Pp. 201–208. DOI: 10.1016/j.cvfa.2017.10.009.
8. Taylor M. A., Coop R. L., Wall R. L. Veterinary parasitology. 4th edition. Ames (IA): Wiley Blackwell, 2016. 1032 p.
9. Schoenian S. Coccidiosis: deadly scourge of lambs and kids. Maryland small ruminant page [e-resource]. URL: <http://www.sheepandgoat.com/coccidiosis>. 2016 (appeal date: Feb. 01, 2019).
10. Coccidiosis. Calfology [e-resource]. URL: <http://calfology.com/library/wiki/coccidiosis> (appeal date: Jan. 31, 2019). DOI: 10.13140/RG.2.2.17932.62088.
11. Gibbons P., Love D., Craig T., et al. Efficacy of treatment of elevated coccidial oocyst counts in goats using amprolium versus ponazuril // Veterinary Parasitology. 2016. No. 218. Pp. 1–4.
12. Mohamaden W. I., Sallam N. H., Abouelhassan E. M. Prevalence of Eimeria species among sheep and goats in Suez Governorate, Egypt // International Journal of Veterinary Science and Medicine. 2011. No. 6. Pp. 65–72.
13. Kumar B., Maharana B. R., Prasad A., Joseph J. P., Patel B., Patel J. S. Seasonal incidence of parasitic diseases in bovines of south western Gujarat (Junagadh), India // Journal of Parasitic Diseases. 2016. Vol. 40. Iss. 4. Pp. 1342–1346.
14. Hatam Nahavandi K., Mahvi A. H., Mohebbali M., Keshavarz H., Rezaei S., Mirjalali H., et al. Molecular typing of Eimeria ahsata and E. crandallii isolated from slaughterhouse wastewater // Jundishapur Journal of Microbiology. 2016. Vol. 9. Iss. 4. Article number e34140.
15. Satish A. C., Nagarajan K., Balachandran C., Soundararajan C., Legadevi R. Gross and Histopathology of Coccidiosis in Small Ruminants in Tamil Nadu // International Journal of Livestock Research. 2019. No. 9 (02). DOI: 10.5455/ijlr.20180603054413.
16. Oliveira de Macedo L., Bezerra Santos M. A., Marinho da Silva N. M., Maciel do Rêgo Barros G. M., Alves L. C., Giannelli A., Nascimento Ramos R. A., Aparecida de Carvalho G. Morphological and epidemiological data on Eimeria species infecting small ruminants in Brazil // Small Ruminant Research. 2019. No. 171. Pp. 37–41.
17. Ahmad T. A., Tawfik D. M., Sheweita S. A., Haroun M., El-Sayed L. H. Development of immunization trials against Acinetobacter baumannii // Trials in Vaccinology. 2016. No. 5. Pp. 38–47. DOI: 10.1016/j.trivac.2016.03.
18. Al-Habsi K., Yang R., Ryan U., Miller D. W., Jacobson C. Morphological and molecular characterization of three Eimeria species from captured rangeland goats in Western Australia. // Veterinary Parasitology: Regional Studies and Reports. 2017. Vol. 9. Pp. 75–83. DOI: 10.1016/j.vprsr.2017.05.001.

19. Khodakaram-Tafti A., Hashemnia M. An overview of intestinal coccidiosis in sheep and goats // *Revue de médecine vétérinaire (Toulouse)*. 2017. Vol. 167. Pp. 9–20.
20. Kyriánová I., Vadlejch J., Langrová I. Eimeriosis seasonal dynamics patterns an organic sheep farm in the Czech Republic // *Scientia Agriculturae Bohemica*. 2017. Vol. 48. Pp. 70–75.
21. Silva L. M. R., Chávez-Maya F., Macdonald S., Pegg E., Blake D. P., Taubert A., Hermosilla C. 2017. A newly described strain of *Eimeria arloingi* (strain A) belongs to the phylogenetic group of ruminant-infecting pathogenic species, which replicate in host endothelial cells in vivo // *Veterinary Parasitology*. 248, 28–32. DOI: 10.1016/j.vetpar.2017.10.014.

Authors' information:

Vera M. Usevich¹, candidate of veterinary sciences, associate professor, ORCID 0000-0002-538992-77, AuthorID 654193; +7 904 542-52-25, vus5@yandex.ru

Natalya G. Kurochkina¹, candidate of veterinary sciences, associate professor, ORCID 0000-0003-4659-5591, AuthorID 478591; +7 952 727-09-76, kng9@mail.ru

Marya N. Drozd¹, assistant of the department of infectious and non-infectious pathology, ORCID 0000-0001-2345-6789, AuthorID 843196; +7 904 542-58-23, umn100@yandex.ru

Olga G. Petrova¹, doctor of veterinary sciences, professor, ORCID 0000-0003-3105-1751, AuthorID 407548; +7 965 517-52-02, super.kafedra2013@yandex.ru

¹ Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

Учредитель и издатель:

Уральский государственный аграрный университет

Адрес учредителя, издателя и редакции:

620075, Россия, г. Екатеринбург, ул. К. Либкнехта, д. 42



Founder and publisher:

Ural State Agrarian University

Address of founder, publisher and editorial board:

620075, Russia, Ekaterinburg, 42 K. Liebknecht str.

Подписной индекс 16356 в объединенном каталоге «Пресса России»

Редакция журнала:

A. V. Ручкин – кандидат социологических наук, шеф-редактор

O. A. Багрецова – ответственный редактор

A. V. Ерофеева – редактор

N. A. Предеина – верстка, дизайн

Editorial:

A. V. Ruchkin – candidate of sociological sciences, chief editor

O. A. Bagretsova – executive editor

A. V. Erofeeva – editor

N. A. Predeina – layout, design

Учредитель и издатель: Уральский государственный аграрный университет.

Адрес учредителя, издателя и редакции: 620075, Россия, г. Екатеринбург, ул. К. Либкнехта, д. 42.

Ответственный редактор: факс (343) 350-97-49.

E-mail: agro-ural@mail.ru (для материалов).

Издание зарегистрировано в Министерстве Российской Федерации по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций.

Все публикуемые материалы проверяются в системе «Антиплагиат».

Свидетельство о регистрации ПИ № 77-12831 от 31 мая 2002 г.

Оригинал-макет подготовлен в Издательстве Уральского аграрного университета.

620075, г. Екатеринбург, ул. К. Либкнехта, д. 42.

Отпечатано в ООО Универсальная типография «Альфа Принт».

20049, г. Екатеринбург, пер. Автоматики, д. 2Ж.

Подписано в печать: 10.12.2020 г. Усл. печ. л. 11,5. Авт. л. 10,8.

Тираж: 2000 экз. Цена: в розницу свободная.

