

№1 – 2025

ЯНВАРЬ – ФЕВРАЛЬ / JANUARY – FEBRUARY

ВЕТЕРИНАРИЯ И КОРМЛЕНИЕ

Международный научный журнал открытого доступа

VETERINARIA I KORMLENIE

International scientific journal of open access



Журнал включен в
ВАК, RSCI, РИНЦ,
ядро РИНЦ, CrossRef, DOAJ, Agris,
отраслевые СМИ Минсельхоза РФ

ISSN:1814-9588
DOI:10.30917/1814-9588



Журнал награжден
медалями

Открыть современные производства и модернизировать действующие

Свыше 42 млрд рублей будет направлено из федерального бюджета на реализацию в 2025 году программы льготного кредитования агропромышленного комплекса. Распоряжение об этом подписал Председатель Правительства Михаил Мишустин.

Большая часть финансирования пойдёт на субсидирование займов аграриям для проведения сезонных полевых работ, чтобы приобрести топливо, семена и минеральные удобрения для посевной кампании. Остальные средства будут направлены на кредитование предпринимателей, которые занимаются в том числе выпуском молочной и мясной продукции, переработкой плодов и ягод, а также на проекты в области селекции и генетики для улучшения отечественных сортов растений и развития животноводства.

"Такая мера позволит открывать современные производства и модернизировать действующие, чтобы людям были доступны качественные и полезные российские продукты", - отметил Михаил Мишустин на заседании Правительства 23 января.

Всего в 2025 году на реализацию механизма льготного кредитования аграриев в федеральном бюджете предусмотрено более 100 млрд рублей. Кредиты предоставляются в рамках государственной программы развития сельского хозяйства.

Редакционная коллегия / Editorial board

Russia Moscow M. Gulyukin  М.И. Гулюкин Россия, Москва	Spain Madrid L. Enjuanes  Луис Энжуанес Испания, Мадрид	USA, Manhattan I. Morozov  И.А. Морозов США, Манхэттен	Russia Moscow A. Panin  А.Н. Панин Россия, Москва	Russia Moscow A. Smirnov  А.М. Смирнов Россия, Москва
Russia Moscow B. Usha  Б.В. Уша, Россия, Москва	Poland Warsaw T. Stadejek  Томаш Стадйек, Польша, Варшава	Russia S.Posad V. Fisinin  В.И. Фисинин, Россия, С. Посад	Полная информация о членах редакционной коллегии и редакционного совета размещена на сайте журнала Full information about the members of the editorial board is posted on the journal's website	

Редакционный совет / Editorial board

 Алиев А.Ю. Махачкала, Россия Aliyev A.Y. Makhachkala, Russia	 Бригида А.В. пос. Воровского, Россия Brigida A.V. p.Vorovsky, Russia	 Гринь С.А. Щелково, Россия Grin S.A. Schelkovo, Russia	 Еремия Н.Г. Кишинев, Молдова Eremia N.G. Kishinev, Moldova	 Иванов Е.А. Красноярск, Россия Ivanov E.A. Krasnoyarsk, Russia	 Клетикова Л.В. Иваново, Россия Kletikova L.V. Ivanovo, Russia	 Красочко П.А. Витебск, Беларусь Krasochko P.A. Vitebsk, Belarus
 Некрасов Р.В. Подольск, Россия Nekrasov R.V. Podolsk, Russia	 Слепцов Е.С. Якутск, Россия Sleptsov E.S. Yakutsk, Russia	 Стекольников А.А. С.-Петербург, Россия Stekolnikov A.A. S.-Petersburg, Russia	 Ткачев А.В. Москва, Россия Tkachev A.V. Moscow, Russia	 Чекрышева В.В. Ростов-на-Дону, Россия Chekrysheva V.V. Rostov-on-Don, Russia	 Шантыз А.Х. Краснодар, Россия Shantyz A.K. Krasnodar, Russia	 Шаповалов С.О. Москва, Россия Shapovalov S.O. Moscow, Russia

Международный научный рецензируемый журнал открытого доступа

«Ветеринария и кормление» / «Veterinaria i kormlenie»
 International scientific peer-reviewed open access journal
 Подписной индекс в каталоге Почта России - ПН631
 109428, Москва, Рязанский проспект, д. 24, стр.1, офис 916
 Тел., whatsapp: +7916 819-48-13 www.vetkorm.ru.
 Учредитель – ООО «Агентство творческих технологий».
 Свид-во о регистрации ПИ № ФС77-18901 от 19.11.2004 г.
 ISSN:1814-9588 DOI:10.30917/1814-9588
 Подписано в печать 18.01.2025. Отпечатано ООО «ПринтЮ»
 Заказ 49821. Тираж 2000

№ 1/2025

Главный редактор
 Храменков Владимир Александрович
 Выпускающие редакторы:

№1 Некрасов Р.В., Красочко П.А.
 №2 Алиев А.Ю., Слепцов Е.С.
 №3 Ткачев А.В., Еремия Н.Г., Шантыз А.Х.
 №4 Гринь С.А., Стекольников А.А., Бригида А.В.
 №5 Клетикова Л.В. Шаповалов С.О.
 №6 Иванов Е.А., Чекрышева В.В.

Полное или частичное воспроизведение, размножение любым способом материалов, опубликованных в журнале, допускается только с письменного разрешения редакции со ссылкой на журнал. Мнения авторов могут не совпадать с точкой зрения редакции. Ответственность за содержание и достоверность информации в публикациях, включая рекламные, полностью несет автор.

©Журнал «Ветеринария и кормление», 2025

СОДЕРЖАНИЕ

Эффективность противолейкозных мероприятий на административных территориях Российской Федерации с разной эпизоотической обстановкой Донник И.М., Петропавловский М.В., Гулюкин М.И., Кривонос Р.А., Черных О.Ю., Палагин С.Ю.	4
Постантибиотические реакции SOS-ответа в кишечных микробиоценозах <i>E. coli</i> и их возможные последствия (обзор) Афонюшкин В.Н., Кильп А.С., Донченко А.С., Сумарокова А.Д.	9
Выделение и изучение основных свойств бактериофагов <i>Pseudomonas syringae</i> Беккалиева А.К., Богданов И.И.	16
Обнаружение остатков ингибирующих веществ в молоке Блюмская С.Н., Наумов М.М.	20
Влияние морфо-антропогенных показателей на риск возникновения повреждений опорно-двигательного аппарата и рабочие качества собак Гончарова Д.А., Слесаренко Н.А.	23
Закономерности накопления и распределения свинца в органах и тканях овец при хроническом поступлении с рационом в различных концентрациях Губарева О.С., Исамов Н.Н., Цыгвинцев П.Н., Мирзоев Э. Б.	30
Сравнительная оценка некоторых стимуляторов используемых в подкормке пчел Еремия Н.Г., Жереги В.В., Катарара И.В., Макаев Ф.З.	34
Коррекция метаболических процессов спортивных лошадей в период интенсивного ипподромного тренинга Ерыженская Н. Ф.	38
Мясная продуктивность и качество мяса бычков абердин-ангусской породы при различном уровне эстрадиола в сыворотке крови Завьялов О.А., Фролов А.Н., Харламов А.В., Платонов С.А., Курилкин Я.Я.	43
Возможности применения секрета ММСК для стимуляции остеорепарации: экспериментальное исследование Кузнецова М.А., Борхунова Е.Н., Степанишин В.В., Позябин С.В.	48
Влияние БАД на продолжительность жизни и физиологическое состояние пчел Кузьмин А.А., Мазина Г.С., Ыылдырым Е.А.	54
Актуальные проблемы хронических инфекций крупного рогатого скота, совершенствование аллергенов и методов диагностики Найманов А.Х., Искадаров М.И., Федоров А.И., Вангели Е.П., Толстенко Н.Г., Искадарова С.С., Гулюкин А.М.	58
Влияние 3-диметиламинопропиламида миристиновой кислоты на микробиом кишечника цыплят Святогорова А.Е., Зубенко А.А., Фетисов Л.Н., Чекрышева В.В., Клименко А.И.	63
Оценка морфо-биохимического и антиоксидантного статусов крови ремонтных телок при скармливании хвойно-минеральной добавки Терещенко В.А., Любимова Ю.Г., Иванов Е.А.	68
Физиологические особенности спермы <i>Felis catus</i> Российской селекции в разные сезоны года Ткачев А.В., Петряева А.В., Ткачева О.Л.	74
Чума МРС, распространение на Ближнем Востоке и экономическое значение Язид Хатиб, Руденко П. А.	78
Эффективность нового лекарственного препарата для повышения естественной резистентности организма животных Чекрышева В.В., Василенко В.Н.	84
Отношение концентрации эстрадиола-17 β в сыворотке крови к числу ооцитов как предиктор результативности ОРУ у телок-доноров истобенской породы Чинаров Р.Ю., Сингина Г.Н., Луканина В.А., Митяшова О.С., Лебедева И.Ю.	87

Публикуется на принципах открытого доступа
Published under an open access license
Creative Commons Attribution 4.0 International License.
DOI CrossRef:10.30917/ATT-VK-1814-9588-2025-1-1
УДК 619:616-022.6:636.2

Эффективность противолейкозных мероприятий на административных территориях Российской Федерации с разной эпизоотической обстановкой



Донник И.М.

¹Донник И.М., доктор биологических наук, профессор, академик РАН, главный научный сотрудник, ktqrjp7@yandex.ru

¹Петропавловский М.В., доктор ветеринарных наук, ведущий научный сотрудник, petropavlovsky_m@mail.ru

²Гулюкин М.И., доктор ветеринарных наук, профессор, академик РАН, Заслуженный деятель науки РФ, admin@viev.ru

³Кривонос Р.А., кандидат ветеринарных наук, руководитель, uv@krasnodar.ru

⁴Черных О.Ю., доктор ветеринарных наук, профессор, gukkvl50@kubanvet.ru

⁵Палагин С.Ю., начальник отдела противоэпизоотических и специальных ветеринарных мероприятий, palagin.tum@mail.ru

¹ФГБНУ "Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения РАН", г. Екатеринбург.

²ФГБНУ "Федеральный научный центр – Всероссийский НИИ экспериментальной ветеринарии им. К.И. Скрябина и Я.Р. Коваленко РАН", г. Москва.

³Департамент ветеринарии Краснодарского края, г. Краснодар.

⁴ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ имени И.Т. Трубилина, г. Краснодар.

⁵Управление ветеринарии Тюменской области, г. Тюмень.

Ключевые слова: вирус лейкоза, крупный рогатый скот, эпизоотическая ситуация, Краснодарский край, Тюменская область, Свердловская область, уровень инфицированности, гематологическая стадия.

Резюме. Лейкоз – распространенное не поддающееся

Для цитирования / For citation

Донник, И.М. Эффективность противолейкозных мероприятий на административных территориях Российской Федерации с разной эпизоотической обстановкой / Донник И.М., Петропавловский М.В., Гулюкин М.И. [и др.] // Ветеринария и кормление. – 2025. – №1. – С.4–8.

Donnik, I.M. The current bovine leukemia spread situation in the Russian Federation / Donnik I.M., Petropavlovskiy M.V., Gulyukin M.I. [and others] // Veterinaria i kormlenie. – 2025. – #1. – P.4–8.

The current bovine leukemia spread situation in the Russian Federation

¹Donnik I.M., ¹Petropavlovskiy M.V., ²Gulyukin M.I., ³Krivosnos R.A., ⁴Chernykh O.Yu., ⁵Palagin S.Yu.

¹FSBSI "Ural Federal Agrarian Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences", Yekaterinburg
²All-Russian Research Institute of Experimental Veterinary Medicine named after K.I. Scriabin and Ya.R. Kovalenko, Moscow

³Department of Veterinary Medicine of the Krasnodar Territory, Krasnodar

⁴FSBEI HE Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, Krasnodar

⁵Department of Veterinary Medicine of the Tyumen region, Tyumen

Key words: leukemia virus, cattle, epizootic situation, Krasnodar Territory, Tyumen region, Sverdlovsk region, infection rate, hematological stage.

Abstract. Leukemia is a common, untreatable chronic infectious cattle disease, causing significant losses to the agricultural sector of the economy of many countries, including the Russian Federation. The purpose of the study was to conduct a retrospective analysis of data on the spread and nature of the course of leukemia in the administrative territories of the Russian Federation with different epizootic conditions. The dynamics of the disease in certain regions (Krasnodar Territory, Tyumen, Sverdlovsk region) has been studied in detail. In the Tyumen region, it was found that the number of infected animals in the period from 2002 to 2022 decreased by more than 13 times, and over the past 5 years - by 2.5 times, the detection frequency in animals with lymphocytosis (hematological stage) has decreased by 10.6 times since 2013, and by 36 times since 2002. The main feature of the course of the disease in the region was a reduction in the average age of animals with an identified hematological stage of leukemia. The Sverdlovsk region has maintained stable well-being for the disease for 10 years. The cases of detection of infected animals registered in the region over the past 5 years are due to the unauthorized import of cattle into a private enterprise from neighboring administrative territories of the Russian Federation that are disadvantaged by leukemia. In the Krasnodar Territory, 823 disadvantaged settlements were registered in 2023. Despite this, from 2012 to 2022, there was a 7-fold decrease in animal infection with leukemia in the region, and a 12-fold decrease in the detection of the disease at the hematological stage.

лечению хроническое инфекционное заболевание крупного рогатого скота [2, 4, 10] обуславливающее весомые убытки сельскохозяйственной отрасли экономики многих стран [11, 12, 13, 14, 15], включая Российскую Федерацию [8].

Целью исследования являлось проведение ретроспективного анализа данных о распространении и характере течения лейкоза на административных территориях РФ с разной эпизоотической обстановкой. Подробно изучена динамика заболевания в отдельных регионах (Краснодарский край, Тюменская, Свердловская области). В Тюменской области установлено, что количество инфицированных животных в период с 2002 по 2022 год сократилось более чем в 13 раз, а за последние 5 лет – в 2,5 раза, частота выявления животных с лимфоцитозом (гемобольных) с 2013 года снизилась в 10,6 раз, а с 2002 года – в 36 раз. Главной особенностью течения заболевания в регионе являлось сокращение среднего возраста животных с выявленной гематологической стадией лейкоза. В Свердловской области

сохраняется стойкое благополучие по заболеванию на протяжении 10 лет. Регистрируемые в регионе за последние 5 лет случаи выявления инфицированных животных обусловлены несанкционированным ввозом в частные предприятия крупного рогатого скота из соседних неблагополучных по лейкозу административных территорий РФ. В Краснодарском крае в 2023 году было зарегистрировано 823 неблагополучных пункта. Несмотря на это, с 2012 по 2022 годы в регионе отмечено снижение инфицированности животных лейкозом в 7 раз, выявление заболевания в гематологической стадии – в 12 раз.

Введение

Лейкоз крупного рогатого скота в разной степени распространен во многих административных территориях Российской Федерации. С целью разрешения сложившейся эпизоотической ситуации приняты ветеринарные правила [2], согласно которым государственные ветеринарные службы организуют ежегодный плановый серологический скрининг всего поголовья крупного рогатого скота в субъектах РФ [5, 6, 7, 10]. Однако, несмотря на разработанные нормативно – правовые регламенты, а также значительные объемы реализуемых в рамках правил противолейкозных мероприятий на административных территориях РФ, эпизоотическая обстановка в стране по данному заболеванию не имеет четкой положительной динамики [8]. Во многом это обусловлено характером течения патологического лейкозного процесса у крупного рогатого скота в разных субъектах [8], особенностями и эффективностью реализации специальных [7, 9, 11] и общих противоэпизоотических мероприятий при лейкозе, а также патогенетическими особенностями возбудителя, генетической характеристикой [1] и физиологическим состоянием восприимчивых животных [2, 3, 8].

Материалы и методы

Ретроспективный и оперативный анализ результатов выполненных диагностических исследований на лейкоз был проведен по материалам ветеринарной отчетности органов исполнительной власти в области ветеринарии субъектов РФ за период 2012–2023 гг. Обработку полученных цифровых данных осуществляли с использованием "Microsoft Excel 2019" с пакетом анализа. Для статистического сравнения выборок использовали критерий Манна-Уитни. Различия считали информативно значимыми при $P \leq 0,05$. Для демонстрации величины эффекта данные выражали в процентах от контрольных значений.

Результаты исследований

Проведен анализ данных о распространении и характере течения лейкоза крупного рогатого скота в трёх обследуемых административных территориях РФ с неблагополучной в разной степени эпизоотической обстановкой по лейкозу. В отдельных регионах РФ с разной степенью благополучия по лейкозу была изучена динамика эпизоотического процесса на протяжении 10–15 лет. Выявлено на 01.01.2023 г. в Краснодарском крае 823 н.п. (неблагополучных пункта), 472 гембольных за год, в Тюменской области – 282 н.п., 152 гембольных за год, в Свердловской области – 26 н.п., гембольные животные отсутствуют. Проведены ретроспективный анализ распространения и исследование характера течения лейкозного процесса у крупного рогатого скота. В Тюменской области в 2002 году органами исполнительной власти в области ветеринарии совместно с учеными Уральского НИВИ была внедрена комплексная программа оздоровления территории субъекта от лейкоза, и, согласно комплексному плану, до сих пор осуществляются ветеринарные мероприятия, включающие в себя диагностические исследования (со 100% охватом поголовья) крупного рогатого скота во всех районах частного и обществен-

ного сектора региона. Всего в регионе насчитывается 238000 голов крупного рогатого скота. В целом в регионе в период 2012–2022 гг. была выявлена положительная динамика уменьшения количества неблагополучных пунктов (со 108 н.п. до 48 н.п.), однако после 2018 г. их количество резко возросло (с 48 н.п. до 282 н.п.) (рис. 1).

Предполагаем, что данное увеличение связано как с введением новых требований по регистрации неблагополучных пунктов, так и с особенностями в проведении про-

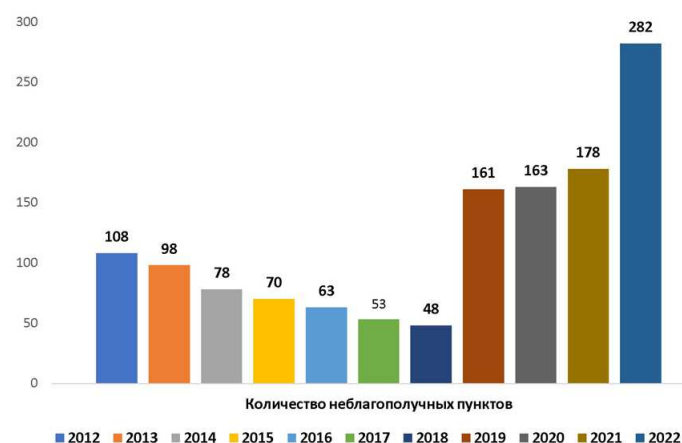


Рисунок 1. Количество неблагополучных пунктов по лейкозу крупного рогатого скота в Тюменской области в динамике за 2012-2022 гг.

Picture 1. The number of farms with leukosis outbreaks in the Tyumen region in the period of 2012-2022

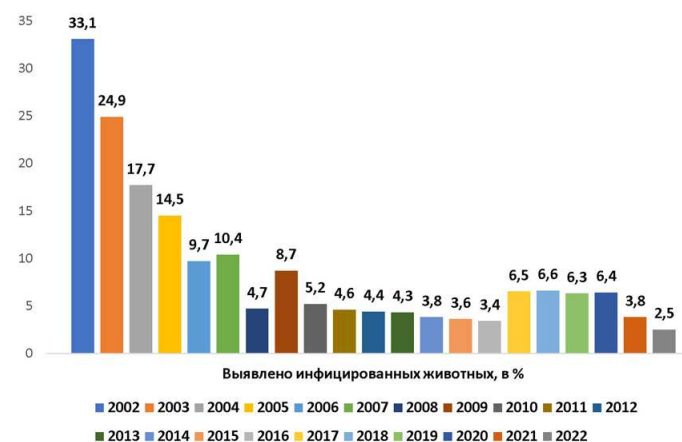


Рисунок 2. Динамика инфицированности крупного рогатого скота в Тюменской области за 2002 - 2022 гг.

Picture 2. Dynamics of bovine leukosis infection in the Tyumen region in the period of 2002 - 2022



Рисунок 3. Динамика заболеваемости лейкозом крупного рогатого скота в Тюменской области с 2012 по 2022 гг.

Picture 3. Dynamics of incidence of bovine leukosis in the Tyumen region in the period of 2012-2022

тивоэпизоотических мероприятий в частном секторе животноводства региона. Несмотря на это, если рассматривать период с 2017 по 2022 гг., общее количество инфицированных животных в Тюменской области сократилось в 2,5 раза, а с 2002 по 2022 гг. – более чем в 13 раз (рис. 2).

Вместе с тем, несмотря на общую динамику снижения количества инфицированных животных, установлены локальные увеличения инфицированности (с 2017 по 2020 гг.), что связано с корректировкой обработки статистичес-



Рисунок 4. Количество неблагополучных пунктов по лейкозу крупного рогатого скота в Краснодарском крае в динамике за 2012–2022 гг.

Picture 4. The number of farms with leukosis outbreaks in the Krasnodar region in the period of 2012–2022

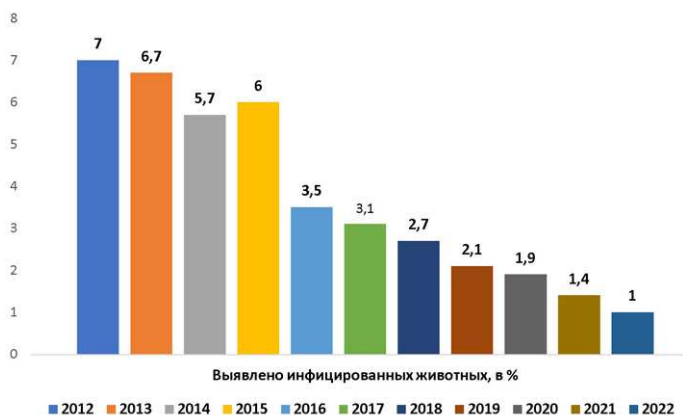


Рисунок 5. Динамика инфицированности лейкозом крупного рогатого скота в Краснодарском крае за 2012–2022 гг.

Picture 5. Dynamics of bovine leukosis infection in the Krasnodar region in the period of 2012–2022



Рисунок 6. Динамика заболеваемости лейкозом крупного рогатого скота в Краснодарском крае с 2012 по 2022 гг.

Picture 6. Dynamics of incidence of bovine leukosis in the Krasnodar region in the period of 2012–2022

ких данных по субъекту со стороны государственной ветеринарной службы (табл. 1).

Анализ данных динамики выявления животных в гематологической стадии лейкоза в Тюменской области за 2002–2022 гг. (рис. 3) показал снижение количества гемобольных животных с 2013 г. в 10,6 раз, а если рассматривать с начала реализации программы оздоровления (2002 г.) почти в 36 раз. Данная положительная тенденция, вероятнее всего, связана с высокой эффективностью реализации разработанных противолейкозных мероприятий, внедренных в регионе с 2022 года, которые охватывали ряд крупных районов Тюменской области. Было установлено, что в 2023 г. наибольшее количество неблагополучных пунктов по лейкозу в общественном секторе зарегистрировано в Ишимском (7 н.п.), Сорокинском (5 н.п.), Аромашевском (5 н.п.), Исетском (4 н.п.), Бердюжском (3 н.п.), Голышмановском (3 н.п.) районах, с уровнем инфицированности до 9% в отдельных пунктах. Наибольшее количество животных в гематологической стадии в 2023 г. выявили в Ишимском (21 гол.), Нижнетавдинском (12 гол.), Сладковском (9 гол.), Упоровском (6 гол.), Ярковском (6 гол.) районах. Следует отметить, что в Тюменскую область ежегодно поставлялся импортный скот, в том числе из неблагополучных по лейкозу стран (США, Канады), и он мог являться источником инфекции. Вместе с тем, была обнаружена особенность течения заболевания, которая заключалась в снижении среднего возраста животных с выявленной гематологической стадией: средний возраст заболевших фиксировали на уровне 3–5 лет (ранее средний возраст заболеваемости составлял 5–6 лет). Это приводило и приводит к сокращению сроков хозяйственного использования животных, преждевременной их выбраковке, необходимости постоянно пополнять стадо ремонтными нетелями, что осложняет ликвидацию заболевания на предприятии. Распространение лейкоза крупного рогатого скота в Свердловской области изучено с 1992 года (табл. 2).

В Свердловской области в период с 1992 по 2005 гг. была успешно реализована многолетняя комплексная программа противолейкозных мероприятий, и в настоящее время общественный сектор животноводства региона свободен от этого заболевания. Регулярное системное проведение плановых диагностических серологических исследований со стопроцентным охватом поголовья (261000 голов ежегодно) позволяет профилактировать и контролировать распространение инфекции в регионе (табл. 2). Однако, на территории субъекта в последние 5 лет регистрируют единичные случаи выявления инфицированных животных у индивидуальных владельцев, которые, как правило, связаны с несанкционированным завозом животных из соседних неблагополучных по лейкозу территорий РФ (Челябинская, Курганская, Тюменская области, Республика Башкортостан). Так, например, в 2023 г. было выявлено 100 таких голов, которые находились в личных подворьях граждан. Случаи выявления гематологически больных животных в регионе в настоящее время не регистрируют, последний случай был выявлен в 2015 г. (105 гол.), в дальнейшем же они носили единичный характер (табл. 3).

Результаты исследований в Свердловской области подтверждают вывод, что с помощью современных методов диагностики и тщательного выполнения всех профилактических противолейкозных мероприятий, возможно добиться стойкого благополучия всего поголовья крупного рогатого скота, которое сохраняется на протяжении многих лет. Но при ослаблении диагностического контроля и нарушении правил завоза животных (особенно индивидуальными владельцами), благополучие нарушается и в целом стремительно ухудшается эпизоотическая ситуация в регионе.

Распространение лейкоза крупного рогатого скота в Краснодарском крае было детально изучено с 2000-х годов. поголовье в крае существенно сократилось и насчитывает 565 тыс. голов крупного рогатого скота. В 2004 г. в крае была принята комплексная Программа по оздоровлению, которая также показала свою эффективность в целом: в период 2012–2021 гг. была выявлена положительная динамика сокращения регистрации неблагополучных пунктов по лейкозу. Однако, к 2023 г. было зарегистрировано 823 неблагополучных пункта. Такое резкое одновременное увеличение показателя так же, как и в других субъектах РФ, было связано с вступлением в силу ветеринарных правил в новой редакции (рис. 4).

Установлено, что, несмотря на большое количество пунктов, неблагополучных по лейкозу в Краснодарском крае, инфицированность животных лейкозом в регионе в целом имеет четкую тенденцию к снижению. Так, с 2012 года она снизилась в 7 раз – с 7 до 1 % (рис. 5).

Ежегодно в Краснодарском крае серологическому скринингу на лейкоз подвергают около 600000 голов крупного рогатого скота, средняя инфицированность за 5 лет (2018 – 2022 гг.) составляла всего 1,82%. Так, например, в 2022 году исследовано 570301 животных, из них выявлено 5572 серопозитивных (табл. 4).

Аналогично установлено снижение количества больных животных в гематологической стадии: за период 2012 – 2022 гг. количество таких животных снизилось почти в 12 раз – с 2557 до 228 (рис. 6).

Таким образом, в регионе отмечена в целом положительная динамика эпизоотической ситуации по лейкозу крупного рогатого скота. За период реализации ветеринарной службой мероприятий с 2012 по 2022 годы в Краснодарском крае отмечено снижение инфицированности животных лейкозом в 7 раз, гемобольных животных – в 12 раз.

Заключение

Проведен детальный эпизоотологический анализ по

лейкозу крупного рогатого скота в трёх обследуемых административных территориях РФ (Свердловская область, Тюменская область, Краснодарский край) ретроспективной 10–15 лет. В выбранных регионах эпизоотическую обстановку по лейкозу характеризовали как разной степени напряжённую. Установлено, что в субъектах, где внедрены научные разработки, заболевание фактически ликвидировано в общественном секторе животноводства и эффективность проведённой работы подтверждается стойким эпизоотическим благополучием (уже более 10 лет). Таким регионом является Свердловская область. Выявленные за последние 5 лет случаи идентификации инфицированных лейкозом животных обусловлены несанкционированным ввозом крупного рогатого скота из соседних неблагополучных по лейкозу административных территорий РФ. В регионах с более сложной эпизоотической ситуацией по лейкозу, несмотря на проводимые государственной ветеринарной службой плановые мероприятия, остается значительное количество неблагополучных пунктов по лейкозу. Эффективность разработанных программ по ликвидации заболевания зависит от множества факторов. Одними из главных являются административно-хозяйственные, возникающие в процессе работы с частными и небольшими сельскохозяйственными предприятиями. В регионах с более сложной эпизоотической ситуацией по лейкозу, несмотря на проводимые государственной ветеринарной службой плановые мероприятия, остается значительное количество неблагополучных пунктов по лейкозу. Эффективность разработанных программ по ликвидации заболевания зависит от множества факторов. Одними из главных являются административно-хозяйственные, возникающие в процессе работы с частными и небольшими сельскохозяйственными предприятиями.

С одной стороны, это непонимание проблемы и важности борьбы с ней у частных владельцев и индивидуальных предпринимателей, что зачастую сопряжено с погоней за сиюминутной прибылью, вследствие чего в некоторых слу-

Таблица 1. Динамика инфицированности вирусом лейкоза животных в Тюменской области с 2012-2022 гг. (голов)
Table 1. Dynamics of bovine leukosis infection in the Tyumen region in the period of 2012 - 2022. (heads of cattle)

Год исследования	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Кол-во исследований (РИД)	223875	242619	242531	236566	257775	260865	271260	287363	304059	271537	255302
Выявлено положительных	9932	10597	9113	8509	8448	16833	18001	18034	19596	10387	6260
%	4,4	4,3	3,8	3,6	3,4	6,5	6,6	6,3	6,4	3,8	2,5

Таблица 2. Динамика инфицированности вирусом лейкоза животных в Свердловской области за 2014-2023 гг.
Table 2. Dynamics of bovine leukosis infection in the Sverdlovsk region in the period of 2014-2023. (heads of cattle)

Год исследования	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Кол-во исследований (РИД)	337544	344471	211871	214610	212186	223483	382401	383955	340529	287271
Выявлено положительных	224	156	79	80	112	133	112	152	192	100
%	0,06	0,045	0,037	0,0373	0,053	0,059	0,03	0,039	0,056	0,034

Таблица 3. Динамика заболеваемости лейкозом крупного рогатого скота в Свердловской области за 2014-2023 гг.
Table 3. Dynamics of incidence of bovine leukosis in the Sverdlovsk region in the period of 2014-2023

Год исследования	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Кол-во гематологических исследований	1696	716	65	1	73	53	4	6	16	1
Выявлено гемобольных	33	105	5	1	4	1	0	1	0	0

Таблица 4. Динамика инфицированности вирусом лейкоза животных в Краснодарском крае за 2013-2022 гг.
Table 4. Dynamics of bovine leukosis infection in the Krasnodar region in the period of 2013-2022.

Год исследования	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Кол-во исследований (РИД)	595685	611633	644616	524205	533611	572657	548938	551764	543715	570301
Выявлено положительных	39696	35115	38446	18200	16594	15470	11276	10431	7793	5572
%	6,7	5,7	6,0	3,5	3,1	2,7	2,1	1,9	1,4	1

чаях для обновления стада покупают инфицированных животных по более низкой рыночной цене. С другой стороны, следует отметить также и отсутствие в ветеринарном законодательстве четких критериев по компенсации затрат на проведение противолейкозных мероприятий частным фермерам. Сталкиваясь со значимыми затратами, многие теряют интерес к животноводству или прибегают к нелегальной деятельности (несанкционированному ввозу/вывозу инфицированных животных, ограничению доступа и сокрытию от ветслужбы животных при проведении мероприятий, несоблюдению правил их идентификации и другим нарушениям ветеринарно-санитарных правил и норм). Отсутствие в настоящее время адекватных рычагов влияния у практической ветеринарной службы субъектов усугубляет проблему. Другим не менее значимым фактором являются особенности течения заболевания, которые могут быть связаны как с генетическими и биологическими особенностями патогена, так и с клиническими и генетическими характеристиками восприимчивых животных. Предполагается, что отдельные персистирующие на административных территориях РФ генетические типы возбудителя лейкоза обуславливают различную интенсивность инфекционного процесса.

В настоящее время информация о генотипах вируса лейкоза недостаточна. В том числе отсутствует детальное картирование распространения генетических типов возбудителя на территориях РФ во взаимосвязи с изучением течения патологического лейкозного процесса. Установлено, что одной из особенностей течения лейкоза в Тюменской области является снижение среднего возраста животных с выявленной гематологической стадией: возраст заболевших коров фиксировали на уровне 3–5 лет (ранее составлял 5–6 лет). Это приводит к сокращению сроков хозяйственного использования животных, преждевременной их выбраковке, необходимости постоянно пополнять стадо ремонтными телками, что осложняет ликвидацию заболевания.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-16-00103, <https://rscf.ru/project/23-16-00103/>

Литература

1. Вафин, Р.Р. Усовершенствованная стратегия ПЦР-ПДРФ-генотипирования BLV и её согласованность с филогенетической классификацией / Р. Р. Вафин, Х. Х. Гильманов, П. Н. Шастин [и др.] // Ветеринария и кормление. - 2023. - № 3. - С. 14-19. - DOI 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2023-3-4.
2. Ветеринарные правила осуществления профилактических, диагностических, ограничительных и иных мероприятий, установления и отмены карантина и иных ограничений, направленных на предотвращение распространения и ликвидации очагов лейкоза крупного рогатого скота (утв. МСХ РФ 24.03.2021, № 156. Зарегистрировано в Минюсте РФ 29 апреля 2021 г. №63300). [Электронный ресурс] - URL: <https://docs.cntd.ru/document/603433105>
3. Власенко, В.С. Моделирование лейкозной инфекции у морских свинок / В. С. Власенко, К. А. Бармина, Н. Н. Новикова [и др.] // Ветеринария и кормление. - 2024. - № 1. - С. 29-31. - DOI 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2024-1-5.
4. Гулюкин, М.И. Методологическая система оздоровительных мероприятий при лейкозе крупного рогатого скота / Гулюкин М.И., Донник И.М., Татарчук А.Т., Беспамятных Е.Н., Гордеев О.П., Грачкова О.Ю., Домацкий В.Н., Деркач С.В., Исаева А.Г., Исаев М.А., Корнилов Н.А., Красноперов В.А., Кадочников М.Ю., Коритняк Б.М., Пешков А.С., Сивков Г.С., Смирнов П.Н., Шкуратова И.А., Шевкопляс В.Н. // Научно-практические рекомендации / Екатеринбург, 2007 - 224 с.
5. Донник, И.М. Оценка эффективности реализации Уральской системы противолейкозных мероприятий в Тюменской области / Донник И.М., Петропавловский М.В., Лысов А.В., Палагин С.Ю., Исаева А.Г., Кривоногова А.С., Романова А.С. // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. 2019. № 4. С. 34-39.
6. Донник, И.М. Эффективная система мер борьбы с лейкозом крупного рогатого скота на Среднем Урале / И.М. Донник, И.А. Шкуратова, А.Т. Татарчук, А.В. Лысов, М.В. Петропавловский // Ветеринария. - Москва. - 2014. - № 10. - С. 7-12.
7. Микайлов, М.М. Эффективность РИД- и ПЦР-методов в диагностике вируса лейкоза крупного рогатого скота / М.М. Микайлов, Н. Р. Будулов, Ш. А. Гунашев [и др.] // Ветеринария Кубани. - 2022. - № 5. -

С. 3-5. - DOI 10.33861/2071-8020-2022-5-3-5.

8. Петропавловский, М.В. Молекулярно-генетические и иммунобиологические свойства возбудителя лейкоза крупного рогатого скота в зависимости от географических вариаций: дисс. ... д-ра вет. наук: 4.2.3 / Максим Валерьевич Петропавловский. - Екатеринбург, 2022. - 246 с.
9. Поряева, А.П. Применение современных лабораторных методов при выявлении антигенного пейзажа возбудителей инфекционных заболеваний в сельскохозяйственных организациях неблагополучных по лейкозу крупного рогатого скота / Порьяева А.П., Петропавловский М.В., Безбородова Н.А., Романова А.С., Исаева А.Г., Кривоногова А.С., Кожуховская В.В. // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. 2019. № 4. С. 40-44.
10. Староселов, М.А. Методические рекомендации по профилактике и мерам борьбы с лейкозом крупного рогатого скота в Краснодарском крае / М.А. Староселов, Р.А. Кривонос, О.Ю. Черных [и др.]. - Краснодар : Краснодарский научный центр по зоотехнии и ветеринарии, 2023. - 56 с. - ISBN 978-5-906643-44-5. - DOI 10.48612/monograph-2023-5.
11. Bartlett P.C., Sordillo L.M., Byrem T.M., Norby B., Grooms D.L., Swenson C.L., Zalucha J., and Erskine R.J. 2014. Options for the control of bovine leukemia virus in dairy cattle. J. Am. Vet. Med. Assoc. 244:914-922. <https://doi.org/10.2460/javma.244.8.914>.
12. LaDronka R.M., Ainsworth S., Wilkins M.J., Norby B., Byrem T.M., Bartlett P.C. Prevalence of Bovine Leukemia Virus Antibodies in US Dairy Cattle. Vet Med Int. 2018 Nov 11;2018:5831278. doi: 10.1155/2018/5831278. PMID: 30534354; PMCID: PMC6252197.
13. 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. Prev Vet Med. 2016 Oct 1;133:1-9. doi: 10.1016/j.prevetmed.2016.09.011. Epub 2016 Sep 12. PMID: 27720022.
14. OIE World Organization for Animal Health. Enzootic Bovine Leukosis. World Anim Heal Inf Database, Dis information, List Ctries by Sanit Situat. Available at: [Electronic resource] - 2023. URL: http://www.oie.int/wahis_2/public/wahid.php/Diseaseinformation/statuslist.
15. Ott, S.L., Johnson R., Wells S.J. 2003. Association between bovine-leukosis virus seroprevalence and herd-level productivity on US dairy farms. Prev. Vet. Med. 61:249-262. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2003.08.003>.

References

1. Vafin, R.R. Improvement of the strategy for PCR-RFLP genotyping of BLV and its coordination with phylogenetic classification / R. R. Vafin, Kh. Kh. Gilmanov, P. N. Shastin [et al.] // Veterinaria i kormlenie. - 2023. - No. 3. - P. 14-19. - DOI 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2023-3-4.
2. Veterinary rules for the implementation of preventive, diagnostic, restrictive and other measures, the establishment and cancellation of quarantine and other restrictions aimed at preventing the spread and eliminating foci of bovine leukemia (approved by the Ministry of Agriculture of the Russian Federation on March 24, 2021, No. 156. Registered with the Ministry of Justice of the Russian Federation on April 29, 2021, No. 63300). [Electronic resource] - URL: <https://docs.cntd.ru/document/603433105>
3. Vlasenko, V. S. Modeling of leukemic infection in guinea pigs / V. S. Vlasenko, K. A. Barmina, N. N. Novikova [et al.] // Veterinaria i kormlenie. - 2024. - No. 1. - P. 29-31. - DOI 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2024-1-5.
4. Gulyukin, M.I. Methodological system of health measures for leukemia in cattle / Gulyukin M.I., Donnik I.M., Tatarchuk A.T., Bespamyatnykh E.N., Gordeev O.P., Grachkova O.Yu., Domatsky V.N., Derkach S.V., Isaeva A.G., Isaev M.A., Kornilov N.A., Krasnoperov V.A., Kadochnikov M.Yu., Koritnyak B.M., Peshkov A.S., Sivkov G.S., Smirnov P.N., Shkuratova I.A., Shevkoplyas V.N. // Scientific and practical recommendations / Ekaterinburg, 2007 - 224 p.
5. Donnik, I.M. Evaluation of the effectiveness of the implementation of the Ural system of anti-leukemia measures in the Tyumen region / Donnik I.M., Petropavlovsky M.V., Lysov A.V., Palagin S.Yu., Isaeva A.G., Krivonogova A.S., Romanova A.S. // Issues of regulatory framework in veterinary medicine. 2019. No. 4. P. 34-39.
6. Donnik, I.M. An effective system of measures to combat leukemia in cattle in the Middle Urals / I.M. Donnik, I.A. Shkuratova, A.T. Tatarchuk, A.V. Lysov, M.V. Petropavlovskiy // Veterinary medicine. - Moscow. - 2014. - No. 10. - P. 7-12.
7. Mikailov, M.M. Efficiency of ELISA and PCR methods in the diagnosis of bovine leukemia virus / M.M. Mikailov, N. R. Budulov, Sh. A. Gunashev [et al.] // Veterinaria Kubani. - 2022. - No. 5. - P. 3-5. - DOI 10.33861/2071-8020-2022-5-3-5.
8. Petropavlovskiy, M.V. Molecular-genetic and immunobiological properties of the causative agent of bovine leukemia depending on geographical variations: diss. ... Doctor of Veterinary Sciences: 4.2.3 / Maksim Valerievich Petropavlovskiy. - Ekaterinburg, 2022. - 246 p.
9. Poryvaeva, A.P. Application of modern laboratory methods in identifying the antigen landscape of pathogens of infectious diseases in agricultural organizations unfavorable for bovine leukemia / Poryvaeva A.P., Petropavlovskiy M.V., Bezborodova N.A., Romanova A.S., Isaeva A.G., Krivonogova A.S., Kozhukhovskaya V.V. // Issues of regulatory framework in veterinary medicine. 2019. No. 4. P. 40-44.
10. Staroselov, M.A. Methodological recommendations for the prevention and control of bovine leukemia in Krasnodar Krai / M.A. Staroselov, R.A. Krivonos, O.Yu. Chernykh [et al.]. - Krasnodar: Krasnodar Scientific Center for Animal Science and Veterinary Science, 2023. - 56 p. - ISBN 978-5-906643-44-5. - DOI 10.48612/monograph-2023-5.

Публикуется на принципах открытого доступа
Published under an open access license
Creative Commons Attribution 4.0 International License.

DOI CrossRef:10.30917/ATT-VK-1814-9588-2025-1-2
УДК 619:579.62:579.64:[579.222.3:579.222.6]:579.842.11

Постантибиотические реакции SOS-ответа в кишечных микробиоценозах *E. coli* и их возможные последствия (обзор)



^{1,2}**Афонюшкин В.Н.**, кандидат биологических наук, доцент, заведующий сектором молекулярной биологии, lisocim@mail.ru
^{1,2}**Кильп А.С.**, научный сотрудник сектора молекулярной биологии, руководитель центра ветеринарной иммунобиологии и биотехнологии, bobikova.anna97@gmail.com
^{1,2}**Донченко А.С.**, доктор ветеринарных наук, профессор, академик РАН, директор Института экспериментальной ветеринарии Сибири и Дальнего Востока, asdon@ngs.ru
²**Сумарокова А.Д.**, аспирант, stasaaan@gmail.com
¹ФГБУН Сибирский федеральный центр агробиотехнологий РАН, р.п. Краснообск, Новосибирская область, Россия
²ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ, г. Новосибирск, Россия

Ключевые слова: SOS-ответ, колицины, *E. coli*, антибиотикорезистентность

Резюме. Исследование эффектов стрессовых воздействий на *E. coli* в кишечнике, реализующихся через реакции SOS-ответа, имеет важное значение для понимания возможных последствий для микробиоценозов. Устойчивость к антибиотикам и рост инфицированности полирезистентными штаммами бактерий увеличивают необходимость изучения адаптивных реакций штаммов *E. coli*. Такие реакции, как активация лизогенных бактериофагов и выработка колицинов, могут быть полезны для подавления вирулентных штаммов *E. coli* в кишечных микробиоценозах, в то время как негативные реакции, например, эффлюкс анти-

Postantibiotic SOS response states in *E. coli* intestinal microbiocenoses and their possible consequences (review)

^{1,2}**Afonyushkin V.N.**, ^{1,2}**Kilp A.S.**,
^{1,2}**Donchenko A.S.**, ²**Sumarokova A.D.**

¹Federal State Budgetary Scientific Institution Siberian Federal Scientific Center for Agrobiotechnology of the Russian Academy of Sciences, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, Russia

²Federal State State-Funded Educational Institution of Higher Education "Novosibirsk State Agricultural University", Novosibirsk, Russia

Key words: SOS response, colicins, *E. coli*, antibiotic resistance

Abstract. The study of the effects of stress on *E. coli* in the intestine, realized through SOS-response reactions, is important for understanding the possible consequences for microbiocenoses. Antibiotic resistance and the growth of infection with multiresistant bacterial strains increase the need to study the adaptive responses of *E. coli* strains. Such reactions as activation of lysogenic bacteriophages and production of colicins can be useful for suppressing virulent *E. coli* strains in intestinal microbiocenoses, while negative reactions, such as antibiotic efflux, pose a serious threat and continue to be studied to develop effective infection control strategies. Insufficient study of these processes at the microbiocenosis level emphasizes the importance of further research in this area. The review describes the diversity of *E. coli* bacteriocins and the regulation of their expression, and considers the variants of SOS-responses under the influence of unfavorable factors on bacteria. Microbiocenotic interactions under stress conditions accompanied by the induction of the SOS response are studied and schematically illustrated. Modern concepts of the risks and consequences of activation of the SOS response reactions when using antibiotics and exposed to lytic phages are formulated, and two competitive hypotheses are presented: "Colicin wars" and "Fight against bacteriophages". Of practical importance may be the formation of stable equilibrium microbiocenoses of *E. coli* limiting the accumulation of toxigenic or virulent strains and the study of factors disrupting this equilibrium, as well as the possibility of enhancing the effects of antibacterial compounds, anti-*Escherichia* vaccines and bacteriophages through the induction of colicinogeny/lysogenic bacteriophages. When using an insufficiently effective and selective antimicrobial drug, upon activation of the SOS response, it is possible to enhance the action of the antibiotic due to the production of colicins and lysogeny. However, due to the induction of the SOS response, such a situation will be negative, since cross-resistance to antibiotics may occur through the efflux mechanism. Coliflora SOS reactions should be considered in a negative light and stress factors that provoke a set of chain reactions of the SOS response of bacteria at the population level should be avoided.

Для цитирования / For citation

Постантибиотические реакции SOS-ответа в кишечных микробиоценозах *E. coli* и их возможные последствия (обзор) / Афонюшкин В.Н., Кильп А.С., Донченко А.С., Сумарокова А.Д. // Ветеринария и кормление. – 2025. – №1. – С.9–15.

Postantibiotic SOS response states in *E. coli* intestinal microbiocenoses and their possible consequences (review) / Afonyushkin V.N., Kilp A.S., Donchenko A.S., Sumarokova A.D. // Veterinaria i kormlenie. – 2025. – #1. – P.9–15.

биотиков, представляют серьезную угрозу и продолжают изучаться для разработки эффективных стратегий контроля инфекций. Недостаточная изученность данных процессов на уровне микробиоценоза подчеркивает важность дальнейших исследований в этой области. В обзоре описано разнообразие бактериоцинов *E. coli* и регуляция их экспрессии, рассмотрены варианты SOS-ответов при влиянии неблагоприятных факторов на бактерии. Изучены и схематично изображены микробиоценозические взаимодействия при стрессовых воздействиях, сопровождающихся индук-

цией SOS-ответа. Сформулированы современные представления о рисках и последствиях активации реакций SOS-ответа при использовании антибиотиков и воздействии литических фагов, также представлены две конкурентные гипотезы: "Колициновые войны" и "Борьба с бактериофагами". Прикладное значение может иметь формирование стабильных равновесных микробиоценозов *E. coli* ограничивающих накопление токсигенных или вирулентных штаммов и изучение факторов нарушающих это равновесие, а также возможность усиления эффектов антибактериальных соединений, противоэшерихиозных вакцин и бактериофагов, через индукцию колициногенности/лизогенных бактериофагов. При использовании недостаточно эффективного и селективного антимикробного препарата при активации SOS-ответа возможно усиление действия антибиотика за счет производства колицинов и лизогении. Однако, из-за индукции SOS-ответа такая ситуация будет негативной, поскольку может произойти появление перекрестной резистентности к антибиотикам через механизм эффлюкса. SOS-реакции колифлоры следует рассматривать в негативном ключе и избегать стресс-факторов, провоцирующих набор цепных реакций SOS-ответа бактерий на популяционном уровне.

Введение

Заболевания, вызванные кишечной палочкой, широко распространены как у животных, так и у человека [1, 2, 3]. Существует множество высокопатогенных форм кишечной палочки [4, 5]. Среди них – энтеропатогенная *Escherichia coli* (EPEC), энтеротоксигенная *E. coli* (ETEC), энтероинвазивная *E. coli* (EIEC), энтероагрегативная кишечная палочка (EAEC) и энтерогеморрагическая кишечная палочка (EHEC) [6, 7, 8]. В норме *E. coli* встречается повсеместно и далеко не всегда наличие в составе кишечного микробиоценоза штамма кишечной палочки, обладающей генами патогенности, приводит к развитию инфекционного процесса [2, 6].

Изучение взаимодействия разных штаммов кишечной палочки друг с другом, включая патогенные формы, позволит лучше прогнозировать реакцию кишечной микробиоты на специфические вакцины, бактериофаги и антибиотики, что позволит разрабатывать более эффективные медицинские и ветеринарные технологии, нацеленные на борьбу с эшерихиозами [9, 10]. Так, некоторые штаммы могут продуцировать вещества, ингибирующие рост конкурентов или усиливающие вирулентные свойства патогенов. Другие, напротив, могут усиливать иммунный ответ организма на патогенные формы, ограничивая их распространение. Микробные взаимодействия могут оказывать влияние на горизонтальный перенос генов, таких как гены устойчивости к антибиотикам или токсинопродукции, что может увеличивать риск развития полирезистентных инфекций. Устойчивость к противомикробным препаратам у *E. coli* неизменно самая высокая среди условно-патогенных микроорганизмов. Однако, за последние два десятилетия наблюдается рост появления и распространения бактерий с множественной лекарственной устойчивостью, включая штаммы, устойчивые к новым антибиотикам, таким как фторхинолоны и цефалоспорины расширенного спектра действия [11].

Широкое применение антибиотиков, бактериофагов и иных антибактериальных средств подразумевает реализацию широкого спектра адаптивных реакций всего многообразия штаммов *E. coli* [12, 13, 14]. Постантибиотические реакции – реакции организма в ответ на введение антибактериального вещества. Эти реакции могут быть как позитивными для живого организма – активация лизогенных

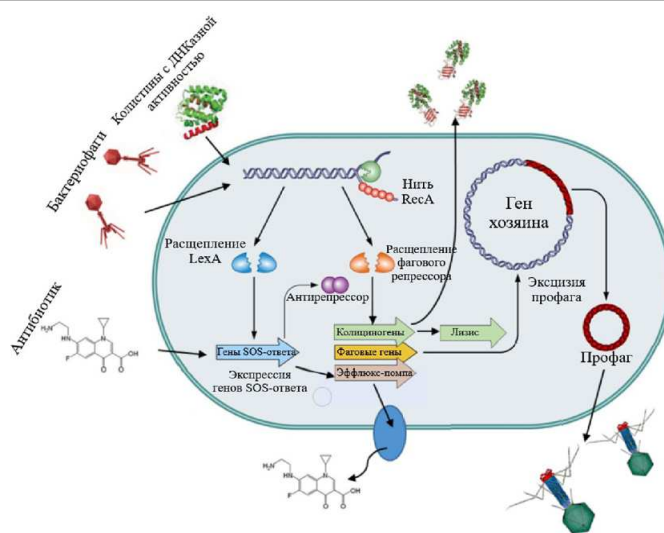


Рис. 1. Пути последовательной активации различных форм SOS-ответа в ответ на введение антибиотика
Fig. 1. Pathways of sequential activation of various forms of SOS response in response to antibiotic administration

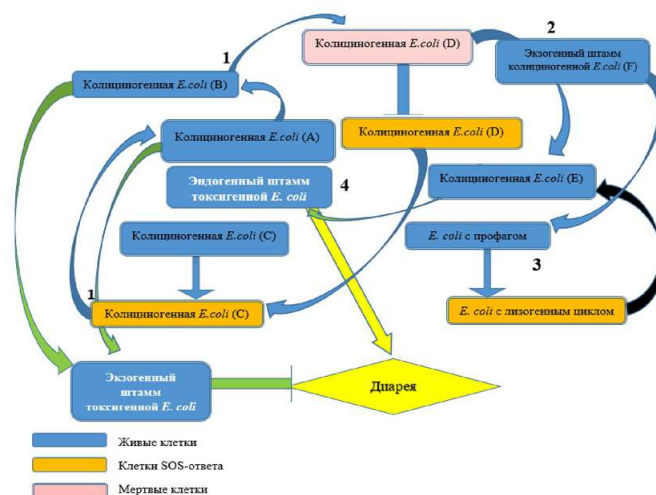


Рис. 2. Вариации изменения биоразнообразия штаммов *E. coli* в кишечнике с вовлечением генов участвующих в SOS-ответе
Fig. 2. Variations in the biodiversity of *E. coli* strains in the intestine with the involvement of genes involved in the SOS response

1 – изменение биоразнообразия через последовательную активацию синтеза различных типов колицинов, 2 – кооперативное подавление экзогенных штаммов кишечной палочки, благодаря большому разнообразию колицинотипов коли-флоры кишечника, 3 – индукция фагового лизиса опосредованная SOS-ответом, 4 – эндогенная коли-инфекция, как следствие уменьшения конкуренции различных штаммов кишечной палочки.

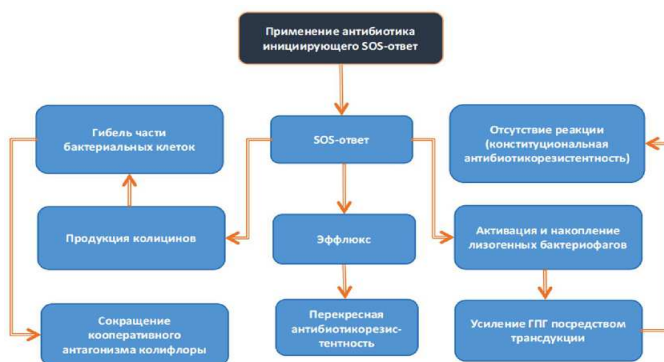


Рис. 3. Схема возможных негативных эффектов, ведущих к повышению риска развития антибиотикоустойчивости, при активации SOS-ответа *E. coli*, в составе кишечного микробиоценоза
Fig. 3. Scheme of possible negative effects leading to an increased risk of antibiotic resistance at activation the SOS response of *E. coli*, as part of intestinal microbiocenosis

бактериофагов, выработка колицинов, так и негативными – эффлюкс (полирезистентность к антибиотикам) [15, 16, 17]. Одним из примеров положительного влияния на хозяйина является активация лизогенных бактериофагов, которые могут уничтожить патогенные штаммы *E. coli* и тем самым снижать их численность в кишечнике. Это явление может действовать как естественный механизм контроля популяции патогенов, что поддерживает микробный баланс и уменьшает риск развития инфекций. Выработка колицинов – антимикробных белков, продуцируемых некоторыми штаммами *E. coli*, – также может способствовать подавлению роста конкурентных патогенов, защищая организм хозяйина. С другой стороны, негативные реакции, такие как эффлюкс антибиотиков, который связан с развитием полирезистентности, представляют собой значительную угрозу. Эффлюксные насосы, экспрессируемые некоторыми штаммами *E. coli*, способны выводить антибиотики из клеток, что существенно снижает эффективность терапии. Эти механизмы могут передаваться другим микроорганизмам через горизонтальный перенос генов, увеличивая риск распространения устойчивости к антибиотикам в микробном сообществе [16]. Недостаточная изученность этих процессов на уровне микробиоценоза усложняет разработку целевых стратегий контроля и терапии инфекций.

Цель исследования: обобщить и систематизировать информацию о возможных эффектах стрессовых воздействий на *E. coli* в кишечнике, реализующихся через реакции SOS-ответа.

Основная часть

Разнообразие бактериоцинов *E. coli* и регуляция их экспрессии. Антагонистические взаимоотношения путем продукции антибиотиков (бактериоцинов) являются ключевым фактором определяющим динамику микробиальных сообществ [18, 19, 20]. Антибиотик-опосредованная конкуренция широко распространена среди бактерий и играет различные эколого-эволюционные роли: антибиотик может убивать конкурента колонизирующего ту же экологическую нишу [21, 22, 23], повышать вирулентность [24], и провоцировать инфекцию [25]. В широком экологическом контексте антибиотик-опосредованная конкуренция является движущим фактором диверсификации в микробиальных сообществах [20, 26, 27] и способствует повышению биоразнообразия [20, 28, 29, 30]. Активацией продукции антибиотиков (бактериоцинов) микроорганизмами, во многих случаях является повреждение ДНК или дефицит питательных веществ [14, 31].

Колицины – стресс индуцибельные (через реакции SOS-ответа), кодируемые плазидами антибактериальные белки, продуцируемые штаммами *E. coli*. Преимущественно они проявляют активность в отношении бактерий того же вида. Колицины связываются своим центральным рецептор-связывающим доменом с продуктом гена *btuB*, который является компонентом транспортной системы для витамина B12 и локализуется на внешней мембране [32]. Колицин-продуцирующие бактерии защищены от собственных колицинов колицин-иммунным белком и это является основой разделения на колициноотипы E1 (*ColE1*) – E9 (*ColE9*). За исключением *ColE1*, который формирует каналы в цитоплазматической мембране чувствительных клеток, другие члены колицинов группы E являются ДНК-азами и РНК-азами. Среди этих нуклеазных колицинов, *ColE2*, *ColE7*, *ColE8*, и *ColE9* – ДНК-азы [33, 34], а *ColE3*, *ColE4*, *ColE5*, и *ColE6* – РНК-азы [35, 36, 37]. Колициновый оперон включает структурный ген, иммунный ген и ген литического белка, за исключением *ColE1* [38], *ColE9* содержит гены двух иммунных белков которые обеспечивают иммунитет к *ColE9* и *ColE5* и два литических гена (*celI* и

celE) [39, 40]. Большинство колициновых оперонов характеризуются наличием проксимального промотора (*ColE_p*), и внутри оперона имеется конституциональный промотор обеспечивающий экспрессию иммунного гена, этот промотор локализуется внутри кодирующей последовательности цитотоксического домена колицина [41, 42].

Варианты реакций SOS-ответа при воздействиях неблагоприятных факторов на бактерии. Более 77% бактериоциновых промоторов регулируются двумя SOS-боксами [43], представляющими нуклеотидные специфические регуляторные консенсусные последовательности CTG-N10-CAG. Эти структуры обеспечивают индукцию оперона при SOS-ответе (при активизации репарации поврежденной хозяйской ДНК) [44, 45, 46].

Бактериальная SOS-система состоит из набора генов, обеспечивающих выживание клеток при наличии обширных повреждений ДНК [47].

Строгая репрессия колицинового оперона происходит в результате связывания с димером LexA белка SOS-боксов колицинового оперона [44], являющегося общим репрессором регулона SOS-ответа [48]. Репрессия колицинового оперона предотвращает спонтанный синтез колицина, так как этот процесс сопровождается гибелью клетки-продуцента. При SOS-ответе, вызванном повреждением ДНК, активизируется ген белка RecA, который в свою очередь запускает саморазрушение цитоплазматической формы белка LexA [49]. В конечном итоге это приводит к освобождению SOS-боксов и запуску SOS-ответа, включая экспрессию генов колицинового оперона [50]. Помимо SOS-ответа, существует возможность активизации экспрессии генов колицинового оперона в присутствии комплекса cAMP-Crp (cAMP receptor protein), который может связываться с колициновым промотором [51]. Более того, показано влияние на продукцию колицинов различных нутриентов на стационарной фазе культивирования [52]. Интенсивно изучается роль SOS-ответа на антибиотики [53, 54, 55], ультрафиолетового излучения и радиации [56]; митомицина C [57]; стационарной фазы роста [58, 59], анаэробизиса [60]; дефицита нутриентов [59, 61]; репрессии катаболизма [62]. Также, были сообщения об индукции синтеза пороформирующего колицина *ColK*, при субминимальной ингибирующей концентрации ципрофлоксацина [63], норфлоксацина [64]. Индукция антибиотиками SOS-ответа и продукции колицинов на данный момент рассматривается как важный фактор, определяющий биоразнообразие в микробиальном сообществе *E. coli* [11]. У кишечной палочки конкуренция с использованием бактериоцинов в основном протекает внутри вида путем продукции широкого спектра пептидных антибиотиков-колицинов [65]. К другим типам SOS-ответа можно отнести эффлюкс и активацию лизогенных бактериофагов [66, 67].

В дополнение к генам, напрямую регулируемым LexA, индукция SOS-ответа посредством активации ssDNA RecA способствует расщеплению других репрессоров. Среди них было показано, что несколько репрессоров литического цикла умеренных бактериофагов подвергаются RecA-опосредованному автокаталитическому расщеплению через их домен сериновой протеазы [67, 68], который очень похож на LexA. Другой класс умеренных бактериофагов несет ген (*tum*), кодирующий антирепрессорный белок, который находится под прямым отрицательным контролем LexA [69]. Независимо от того, происходит ли это из-за прямого расщепления фагового репрессора, опосредованного RecA, или из-за связывания белка *Tum*, индуцированного SOS-ответом, с репрессором, конечным результатом обоих механизмов является инактивация фагового репрессора в результате повреждения ДНК.

Заражение бактериальных клеток вирулентными бактериофагами или литическими мутантами умеренных бактериофагов нарушает несколько клеточных процессов [70], включая нормальную репликацию бактериальной хромосомы [71]. Кроме того, в зависимости от бактериофага, либо значительное количество одноцепочечной ДНК [72] либо массивная деградация бактериальной хромосомы [73, 74], могут быть получены в ходе развития литического цикла бактериофага. Тем не менее, предполагаемое влияние развития литического цикла бактериофага на бактериальный SOS-ответ до сих пор не было проанализировано.

Вопросы микробиоценологических взаимодействий при стрессовых воздействиях, сопровождающихся индукцией SOS-ответа. По нашему мнению, реакции SOS-ответа на популяционном уровне могут пересекаться сложным образом, формируя самоподдерживаемые автоиндуцируемые циклические реакции у *E. coli* в кишечных микробиоценозах (рис. 1). Например, если повреждения ДНК инициируют SOS-реакции, в том числе сопровождаемые продукцией колицинов с ДНК-азной активностью, то следует ожидать последующих цепных реакций с активацией SOS-ответа уже в ответ на встречу с колицинами. Индукция феномена лизогении в ответ на активацию SOS-ответа сопровождается появлением бактериофагов, в свою очередь, способных активировать SOS-ответ у инфицированных клеток (рис. 1).

Одна из наиболее распространенных реакций SOS-ответа *E. coli* – колициногенез, широко распространена в природных популяциях *E. coli*. Примерно половина из всех природных изолятов кишечной палочки способна продуцировать минимум один колицин, более половины штаммов устойчивы не менее, чем к одному колицину и очень небольшое количество штаммов чувствительно ко всем колицинам [75, 76, 77, 78]. Несмотря на антагонистический потенциал штаммов колицин-продуцентов, они часто представлены в естественных микробиоценозах в сочетании, как с резистентными, так и с чувствительными штаммами не продуцирующими колицины [77, 78]. Этот парадокс часто объясняется моделью циклической конкурентной иерархии напоминающей игру камень-ножницы-бумага [23, 28, 65, 79]. Теоретический анализ показывает, что циклическая иерархия может стабилизировать динамику микробиального сообщества и стабилизировать биоразнообразие штаммов кишечной палочки [80, 81, 82]. В лабораторных моделях таких систем было показано, что штамм *E. coli* продуцирующий колицин E2 (обладающий ДНК-азной активностью), резистентный к данному колицину штамм кишечной палочки и чувствительный штамм, формировали динамическое равновесие. На твердой питательной среде штамм-продуцент подавлял чувствительные к колицину клетки, которые замещались резистентными к колицину формами, которые, в свою очередь, вытесняли штамм колицин-продуцента. Однако, при искусственном эффективном перемешивании трех штаммов равновесие нарушалось, ввиду быстрого уничтожения всех чувствительных к колицину клеток, последующего размножения резистентных к колицину клеток *E. coli* и вытеснению ими штамма-продуцента [28]. Существование – долговременная симпатрическая персистенция штаммов [83] – критически зависит от конкурентоспособности всех членов микробиального сообщества, которая в свою очередь определяется размерами популяций, структурой среды обитания, антагонистической активностью штамма колицин-продуцента, экспрессии колицин-оперона [84, 85, 86, 87]. Интересно, что именно в колицин-опосредованных сообществах возможно неравенство конкурентоспособности штаммов, которое обеспечивает преимущество разных штаммов в разных условиях [88]. Регуляция колицинового оперона, ключевым образом определяет колицин-опосре-

дованную конкуренцию в микробиальном сообществе. Колицины 1b, K и литический протеин колицина E7 продуцируются под контролем нутриент-зависимых регуляторов [25, 89, 90]. В случае с желудочно-кишечным трактом, с одной стороны, среда обитания кишечных палочек активно перемешивается, предоставляя им возможность активного антагонистического взаимодействия, с другой стороны возможности стратификации микробного сообщества в кишечнике тоже есть (она может быть обеспечена большей эффективностью адгезии, инвазии и т.д.). Поэтому вопрос о динамике сообщества штаммов *E. coli* остается открытым. Если вспомнить, что ряд колицинов (E2–E9) являются нуклеазами, т.е. часть из колицинов повреждают ДНК, что само по себе должно активировать SOS-ответ, включая ответную продукцию колицинов, то контакт кишечного микробиоценоза со стресс-фактором типа антибиотика, теоретически, мог бы вызвать активизацию продукции колицинов множеством колицинотипов кишечной палочки. Подтверждение этой гипотезы требует проведения экспериментов и клинических наблюдений, но она могла бы объяснить, периодически наблюдаемую, терапевтическую эффективность антибиотиков в отношении антибиотикорезистентных штаммов [91, 92].

На первый взгляд, наличие широкого разнообразия колицинотипов у *E. coli* может показаться необъяснимым. Каков же биологический смысл узкой специфичности колицинов? Под воздействием стресса у *E. coli* активируется SOS-ответ и индуцируется экспрессия колицинов, а также литического белка позволяющего разрушить кишечную палочку и высвободить образовавшиеся колицины в окружающую среду. В результате, большая часть популяции кишечной палочки погибнет с целью поражения штаммов кишечной палочки, не обладающих соответствующими белками иммунитета. Даже если рассматривать колицины, как наследие последствий адаптации к лизогенным бактериофагам, т.е. гены колицинов – это именно остатки геномов бактериофагов, все равно остается необъяснимым сохранение генов колицинов, а также их функциональности в течение длительного времени.

Гипотезы (Экологический смысл микробиоцинов *E. coli*). Мы предложили гипотезу – большее разнообразие колицинотипов и биотипов *E. coli* в составе микробиоценозов желудочно-кишечного тракта животных и птиц ограничивает возможность накопления энтеротоксигенных штаммов, за счет сокращения максимальных размеров экологической ниши в кишечнике для такого штамма. Пищевая конкуренция и внутривидовой антагонизм, обусловленный колицинами, вероятно, будут ограничивать максимальную концентрацию любого штамма кишечной палочки в составе кишечной микробиоты, включая и высокотоксигенные формы (неопубликованные данные). В последующем появились научные работы, в которых зарубежные авторы изучили этот вопрос и, в частности, подтвердили ограничение размножения некоторых веротоксигенных штаммов кишечной палочки под действием других штаммов кишечной палочки продуцирующих колицины [91].

На схеме (рис.2), построенной на основании анализа научной литературы, можно увидеть варианты изменения динамического равновесия штаммов кишечной палочки, различающихся по способности к продукции колицинов, иммунитету и возможностью активации "колициновых войн" через активацию SOS-ответа. По нашему мнению, применение и опосредованное влияние антибиотиков, например, энрофлоксацина и ципрофлоксацина может быть причиной активации синтеза колицинов при SOS-ответе [63]. В долгосрочной перспективе, следует ожидать формирования стабильной коли-флоры иммунной ко всем колициноти-

пам, но способной подавлять накопление экзогенных, неиммунных штаммов кишечной палочки. То есть, большое биоразнообразие колицинотипов кишечного микробиоценоза следует рассматривать как феномен кооперативной антагонистической активности *E.coli*.

Для врачей клиницистов может быть достаточным факт возможности подавления вирулентных форм кишечной палочки некоторыми колицинотипами, встречающимися в кишечнике человека или животных. Важное клиническое значение может иметь как активация, так и подавление этого механизма под действием антибиотиков, микотоксинов, бактериофагов или вакцинных препаратов. Подобные явления мы наблюдали в птицеводстве и свиноводстве (неопубликованные данные). Однако, экологический смысл – зачем *E.coli* нужны микробиоцины весьма узкого спектра действия – эти наблюдения не объясняют.

На текущий момент наш коллектив авторов предлагает две конкурентные гипотезы, дающие ответ на данный вопрос:

Гипотеза 1. Колициновые войны. Так как колицины обладают узким, но антибиотикоподобным действием (обладают ДНК-азной, РНК-азной активностью, некоторые являются каналобразующими антибиотиками), то выжившие бактериальные клетки должны индуцировать SOS-ответ и, в свою очередь, активировать экспрессию уже своих колицинов (рис. 2). Подобные реакции могли бы расширить спектр активности колицинов в микробиоценозе, вовлекая все новые и новые колицинотипы кишечной палочки в "колициновую войну". То есть, такая колициновая война могла бы рассматриваться как форма кооперативной антагонистической активности, в т.ч. и в отношении новых экзогенных форм кишечной палочки, или как форма саморегуляции численности бактерий данного вида в кишечнике. Совокупность колицинов с узкой специфичностью, может обеспечить оптимальный спектр активности для подавления широкого спектра экзогенных штаммов *E.coli*.

Гипотеза 2. Борьба с бактериофагами. Не очевидно, что инфицирование бактериофагами обязательно успеет инициировать выработку колицинов у пораженного штамма кишечной палочки. Тем не менее, тот факт, что часть колицинов обладают ДНК-азной и РНК-азной активностью, позволяет допустить разрушение, в том числе и нуклеиновых кислот бактериофагов. Также, сокращение численности восприимчивых кишечных палочек, в ходе инициированной бактериофагом "колициновой войны", потенциально могло бы сократить активность репродукции бактериофага.

Возможные риски и последствия активации реакций SOS-ответа при использовании антибиотиков. В практической ветеринарной медицине прикладное значение имеют два момента:

Во-первых, формирование стабильных равновесных микробиоценозов кишечной палочки ограничивающих накопление токсигенных или вирулентных штаммов и, соответственно, изучение факторов нарушающих это равновесие

Во-вторых, возможность усиления эффектов антибактериальных соединений [92], противоэшерихиозных вакцин и бактериофагов, через индукцию колициногенности/лизогенных бактериофагов, со снижением концентрации изначально устойчивых к применяемому антибактериальному соединению *E.coli*. Очевидно, что у такого эффекта антибиотиков могут быть как позитивные, так и негативные стороны.

Можно уверенно говорить об отсутствии методологии позволяющей прогнозировать изменения коли-флоры кишечника в вышеупомянутом контексте. Количественная оценка представленности всего разнообразия колициноти-

пов, во взаимосвязи с генами вирулентности и токсигенности кишечной палочки, возможно, позволила бы быстро создавать новые ветеринарные технологии профилактики эшерихиозов. Современные методы молекулярной биологии основанные на таргетном высокопроизводительном секвенировании или цифровая ПЦР с амплитудным мультиплексированием [93] могли бы обеспечить выявление множества генов колицинов, факторов патогенности в одной реакционной смеси в сочетании с количественной оценкой. Представляется очевидным, что методы фенотипического анализа культур кишечной палочки не позволят выявить все разнообразие штаммов в структуре кишечного микробиоценоза.

Какую диагностическую информацию, и какие управленческие решения могли бы быть извлечены из подобных анализов?

1. Если исходить из позиции, что "самый сильный антагонист вирулентной кишечной палочки – другая кишечная палочка", то расширение биоразнообразия колицинотипов должно минимизировать как шансы заражения новыми штаммами кишечной палочки, так и шансы накопления одного токсигенного штамма до концентраций наносящих ущерб здоровью. Преимущество цифровой ПЦР будет в том, что информация о копийности штамма более важна с патофизиологической точки зрения, чем информация об удельной доле тех или иных штаммов/биоваров *E.coli*.

2. Факт клональности *E.coli* можно рассматривать в качестве диагностического критерия при постановке диагноза "коли-инфекция" как на популяционном, так и на индивидуальном уровне. Также, данная информация позволит определиться с мишенью воздействия ветеринарных препаратов узкой специфичности, т.е. вакцинами и бактериофагами.

3. Оценка внешних воздействий на колифлору может производиться аналогичным образом и позволит спрогнозировать риски роста инцидентности эшерихиозов за счет подавления штаммов-антагонистов.

Ранее нами фиксировались случаи роста инцидентности эшерихиозов на птицефабриках с крупным поголовьем цыплят-бройлеров при использовании специфических средств профилактики (бактериофаги, вакцины), а также антибиотиков (неопубликованные данные). Почему активные *in vitro* в отношении выделенных изолятов кишечной палочки, антибиотики и бактериофаги, спровоцировавшие ухудшение ситуации с эшерихиозами (хоть и далеко не во всех случаях), привели к созданию возможной схемы механизмов усугубления эпизоотической ситуации? Как следует из схемы (рис. 3), элементы обратной связи в ответ на использование недостаточно эффективного и селективного антибактериального средства теоретически могут усиливать активность антибиотика через SOS-индуцированную продукцию колицинов и лизогению. В первом приближении, эти явления следует считать позитивными, т.к. это должно приводить к сокращению численности популяции кишечной палочки в составе кишечного микробиоценоза. Эффлюкс же в данной ситуации является заведомо негативным эффектом, обеспечивающим формирование перекрестной антибиотикорезистентности [94-96].

С другой стороны, именно лизогенные бактериофаги обладают способностью к упаковке части геномной ДНК бактерий в вирусные капсиды с последующей горизонтальной передачей генов (ГПГ) посредством фаговой трандукции. Из схемы (рис. 3), следует что именно антибактериальные вещества, склонные к индукции SOS-ответа, представляют наибольший риск стимуляции ГПГ с последующим отбором новых антибиотикоустойчивых штаммов микроорганизмов.

Заключение

Продукция бактерицинов – основной фактор антогонистических взаимоотношений и динамики микробиальных сообществ. Антибиотикоопосредованная конкуренция повышает биоразнообразие. Антибактериальные белки *E. coli* – колицины – стресс индуцибельные и в основном проявляют активность в отношении бактерий того же вида.

Индукция SOS-ответа может быть вызвана антибиотиками, УФ излучением, радиацией, стационарной фазой роста, анаэробизмом, дефицитом нутриентов и репрессией катаболизма. Обнаружена возможность активизации экспрессии генов колицинового оперона в присутствии комплекса AMP-Сrp. Самоподдерживаемые аутоиндуцируемые циклические реакции у *E. coli* в кишечных микробиоценозах могут быть вызваны сложным комплексом стрессовых воздействий, сопровождающихся индукцией SOS-ответа. Колицин-продуценты часто представлены в естественных микробиоценозах в сочетании с резистентными и чувствительными штаммами не продуцирующими колицины. Это объясняется моделью циклической конкурентной иерархии, которая может стабилизировать динамику микробиального сообщества и биоразнообразие штаммов *E. coli*. Конкурентоспособность членов микробного сообщества определяется размерами популяций, структурой среды обитания, антагонистической активностью штамма колицинопродуцента, экспрессией колицин-оперона. Долговременная симпатрическая персистенция штаммов же критически зависит от конкурентоспособности, именно в колицин-опосредованных сообществах возможно наблюдение неравенства конкурентоспособности штаммов.

Экологический смысл микробицинов *E. coli* весьма узкого спектра действия наш коллектив авторов объясняет двумя конкурентными гипотезами. "Колициновая война" – форма кооперативной антагонистической активности, в т.ч. и в отношении новых экзогенных форм кишечной палочки/форма саморегуляции численности бактерий данного вида в кишечнике. Вторая гипотеза – борьба с бактериофагами, путем ДНК-азной и РНК-азной активности колицинов, позволяющей допустить разрушение нуклеиновых кислот бактериофагов.

В момент активации SOS-ответа элементы обратной связи при использовании недостаточно эффективного и селективного антибактериального средства теоретически могут усиливать активность антибиотика через SOS-индуцированную продукцию колицинов и лизогению, но из-за индукции SOS-ответа ситуация является заведомо-негативной, так как в дальнейшем может возникнуть перекрестная антибиотикорезистентность посредством эффлюкса. Так как энтероинвазивные формы кишечной палочки должны быть более защищены от негативных для них последствий таких реакций, то в первую очередь SOS-реакции колифлоры следует рассматривать в негативном ключе и избегать стресс-факторов (использования антибиотиков, потребления токсичных кормов и тд.), провоцирующих потенциально широкий набор цепных реакций SOS-ответа бактерий на популяционном уровне.

*Работа выполнена при поддержке фонда РФФИ в рамках работ по гранту №24-26-00238 "Изучение роли биоразнообразия кишечных микробиоценозов *E. coli*, в развитии инфекционного процесса у *Gallus gallus*".*

Литература

1. Веревкина М. Н., Заерко В. И., Малышева Л. А. Инфекционные заболевания непродуктивных животных // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. - 2017. - №. 11. - С. 84-88.
2. Ильина Н. А., Карпеева Е. А., Гусева И. Т. *E. coli* как условно-патогенные бактерии кишечника человека // Медицинские науки. - 2008. - Т. 25. - С. 31.

3. Алешкевич В. Н. и др. Определение микробиоценоза кишечного тракта животных в норме и при дисбактериозах. - 2017.
4. Гомбоев Б. Н., Сиразиев Р. З. Роль условно-патогенной микрофлоры при неспецифических маститах овцематок // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. - 2014. - №. 4. - С. 90-96.
5. Kaper J. B., Nataro J. P., Mobley H. L. T. Pathogenic *Escherichia coli* // Nature reviews microbiology. - 2004. - Т. 2. - No. 2. - pp. 123-140.
6. Peng Z. et al. Pathogenic *Escherichia coli* // Molecular Medical Microbiology. - Academic Press. - 2024. pp. 1065-1096.
7. Braz V. S., Melchior K., Moreira C. G. *Escherichia coli* as a multifaceted pathogenic and versatile bacterium // Frontiers in cellular and infection microbiology. - 2020. - Т. 10. - P. 548492.
8. Gomes T. A. T. et al. Diarrheagenic *Escherichia coli* // Brazilian journal of microbiology. - 2016. - Т. 47. - pp. 3-30.
9. Majeed H. et al. Competitive interactions in *Escherichia coli* populations: the role of bacteriocins // The ISME journal. - 2011. - Т. 5. - No. 1. - pp. 71-81.
10. Bose T., Venkatesh K. V., Mande S. S. Computational analysis of host-pathogen protein interactions between humans and different strains of enterohemorrhagic *Escherichia coli* // Frontiers in cellular and infection microbiology. - 2017. - Т. 7. - P. 128.
11. Vila J. et al. *Escherichia coli*: an old friend with new tidings // FEMS microbiology reviews. - 2016. - Т. 40. - No. 4. - pp. 437-463.
12. Valerio N. et al. Effects of single and combined use of bacteriophages and antibiotics to inactivate *Escherichia coli* // Virus research. - 2017. - Т. 240. - pp. 8-17.
13. Sheng H. et al. Application of bacteriophages to control intestinal *Escherichia coli* O157: H7 levels in ruminants // Applied and environmental microbiology. - 2006. - Т. 72. - No. 8. - pp. 5359-5366.
14. Wang L. et al. Use of bacteriophages to control *Escherichia coli* O157: H7 in domestic ruminants, meat products, and fruits and vegetables // Foodborne pathogens and disease. - 2017. - Т. 14. - No. 9. - pp. 483-493.
15. Belfort M., Wulff D. The Roles of the Lambda c III Gene and the *Escherichia coli* Catabolite Gene Activation System in the Establishment of Lysogeny by Bacteriophage Lambda // Proceedings of the National Academy of Sciences. - 1974. - Т. 71. - No. 3. - pp. 779-782.
16. Fu Q. et al. H-NS Mutation-Mediated CRISPR-Cas activation inhibits phage release and toxin production of *Escherichia coli* Stx2 phage lysogen // Frontiers in Microbiology. - 2017. - Т. 8. - P. 652.
17. Anes J. et al. The ins and outs of RND efflux pumps in *Escherichia coli* // Frontiers in microbiology. - 2015. - Т. 6. - P. 587.
18. Hibbing M. E. et al. Bacterial competition: surviving and thriving in the microbial jungle // Nature reviews microbiology. - 2010. - Т. 8. - No. 1. - pp. 15-25.
19. Cordero O. X. et al. Ecological populations of bacteria act as socially cohesive units of antibiotic production and resistance // Science. - 2012. - Т. 337. - No. 6099. - pp. 1228-1231.
20. Vetsigian K., Jajoo R., Kishony R. Structure and evolution of *Streptomyces* interaction networks in soil and in silico // PLoS biology. - 2011. - Т. 9. - No. 10. - P. e1001184.
21. Dethlefsen L. et al. Assembly of the human intestinal microbiota // Trends in ecology & evolution. - 2006. - Т. 21. - No. 9. - pp. 517-523.
22. Holt K. E. et al. Tracking the establishment of local endemic populations of an emergent enteric pathogen // Proceedings of the National Academy of Sciences. - 2013. - Т. 110. - No. 43. - pp. 17522-17527.
23. Kirkup B. C., Riley M. A. Antibiotic-mediated antagonism leads to a bacterial game of rock-paper-scissors in vivo // Nature. - 2004. - Т. 428. - No. 6981. - pp. 412-414.
24. Inglis R. F. et al. Spite and virulence in the bacterium *Pseudomonas aeruginosa* // Proceedings of the National Academy of Sciences. - 2009. - Т. 106. - No. 14. - pp. 5703-5707.
25. Nedialkova L. P. et al. Inflammation fuels colicin Ib-dependent competition of *Salmonella* serovar Typhimurium and *E. coli* in enterobacterial blooms // PLoS pathogens. - 2014. - Т. 10. - No. 1. - P. e1003844.
26. Riley M. A. Molecular mechanisms of bacteriocin evolution // Annual review of genetics. - 1998. - Т. 32. - No. 1. - pp. 255-278.
27. by Which I. P. M. Transcriptional Profiling of Colicin-Induced // Journal of bacteriology. - 2004. - pp. 866-869.
28. Kerr B. et al. Local dispersal promotes biodiversity in a real-life game of rock-paper-scissors // Nature. - 2002. - Т. 418. - No. 6894. - pp. 171-174.
29. Czarán T. L., Hoekstra R. F., Pagie L. Chemical warfare between microbes promotes biodiversity // Proceedings of the National Academy of Sciences. - 2002. - Т. 99. - No. 2. - pp. 786-790.
30. Chao L., Levin B. R. Structured habitats and the evolution of anticompeter toxins in bacteria // Proceedings of the National Academy of Sciences. - 1981. - Т. 78. - No. 10. - pp. 6324-6328.
31. Cornforth D. M., Foster K. R. Competition sensing: the social side of bacterial stress responses // Nature Reviews Microbiology. - 2013. - Т. 11. - No. 4. - pp. 285-293.
32. Di Masi D. R. et al. Transport of vitamin B12 in *Escherichia coli*: common receptor sites for vitamin B12 and the E colicins on the outer membrane of the cell envelope // Journal of bacteriology. - 1973. - Т. 115. - No. 2. - pp. 506-513.
33. Kleanthous C. et al. Structural and mechanistic basis of immunity toward endonuclease colicins // Nature structural biology. - 1999. - Т. 6. - No. 3. - pp. 243-252.
34. Schaller K., Nomura M. Colicin E2 is DNA endonuclease // Proceedings of the National Academy of Sciences. - 1976. - Т. 73. - No. 11. - pp. 3989-3993.
35. Bowman C. M. et al. Specific inactivation of 16S ribosomal RNA induced by colicin E3 in vivo // Proceedings of the National Academy of Sciences. - 1971. - Т. 68. - No. 5. - pp. 964-968.
36. Curtis M. D., James R., Coddington A. An evolutionary relationship between the ColE5-099 and the ColE9-J plasmids revealed by nucleotide sequencing // Microbiology. - 1989. - Т. 135. - No. 10. - pp. 2783-2788.
37. Ogawa T. et al. A cytotoxic ribonuclease targeting specific transfer RNA anticodons // Science. - 1999. - Т. 283. - No. 5410. - P. 2097-2100.
38. Ebina Y. et al. Gene expression in vitro of colicin E1 plasmid // Nucleic

- Acids Research. - 1979. - T. 7. - No. 3. - pp. 639-649.
39. Bano S. et al. Complete nucleotide sequencing and molecular characterization of the pColE9-J plasmid // Sindh University Research Journal-SURJ (Science Series). - 2012. - T. 44. - No. 3.
40. CHAK K. I. N. F., JAMES R. Characterization of the ColE9-J plasmid and analysis of its genetic organization // Microbiology. - 1986. - T. 132. - No. 1. - pp. 61-70.
41. Chak K. F., James R. Analysis of the promoters for the two immunity genes present in the ColE3-CA38 plasmid using two new promoter probe vectors // Nucleic Acids Research. - 1985. - T. 13. - No. 7. - pp. 2519-2531.
42. James R., Jarvis M., Barker D. F. Nucleotide sequence of the immunity and lysis region of the ColE9-J plasmid // Journal of general microbiology. - 1987. - T. 133. - No. 6. - pp. 1553-1962.
43. Gillor O., Vriezen J. A. C., Riley M. A. The role of SOS boxes in enteric bacteriocin regulation // Microbiology. - 2008. - T. 154. - No. 6. - pp. 1783-1792.
44. Ebina Y. et al. LexA protein is a repressor of the colicin E1 gene // Journal of Biological Chemistry. - 1983. - T. 258. - No. 21. - pp. 13258-13261.
45. Lloubes R., Baly D., Lazdunski C. The promoters of the genes for colicin production, release and immunity in the ColA plasmid: effects of convergent transcription and LexA protein // Nucleic acids research. - 1986. - T. 14. - No. 6. - pp. 2621-2636.
46. Lu F. M., Chak K. F. Two overlapping SOS-boxes in ColE operons are responsible for the viability of cells harboring the Col plasmid // Molecular and General Genetics MGG. - 1996. - T. 251. - pp. 407-411.
47. Walker G. C. Mutagenesis and inducible responses to deoxyribonucleic acid damage in *Escherichia coli* // Microbiological reviews. - 1984. - T. 48. - No. 1. - pp. 60-93.
48. Little J. W., Mount D. W., Yanisch-Perron C. R. Purified *lexA* protein is a repressor of the *recA* and *lexA* genes // Proceedings of the National Academy of Sciences. - 1981. - T. 78. - No. 7. - pp. 4199-4203.
49. Butala M. et al. Interconversion between bound and free conformations of LexA orchestrates the bacterial SOS response // Nucleic acids research. - 2011. - T. 39. - No. 15. - pp. 6546-6557.
50. Little J. W. et al. Cleavage of the *Escherichia coli* *lexA* protein by the *recA* protease // Proceedings of the National Academy of Sciences. - 1980. - T. 77. - No. 6. - pp. 3225-3229.
51. Salles B., Weisemann J. M., Weinstock G. M. Temporal control of colicin E1 induction // Journal of bacteriology. - 1987. - T. 169. - No. 11. - pp. 5028-5034.
52. Kuhar I., Zgur-Bertok D. Transcriptional regulation of the colicin K *cka* gene reveals induction of colicin synthesis by differential responses to environmental signals // Journal of bacteriology. - 1999. - T. 181. - No. 23. - pp. 7373-7380.
53. Kohanski M. A. et al. A common mechanism of cellular death induced by bactericidal antibiotics // Cell. - 2007. - T. 130. - No. 5. - pp. 797-810.
54. Maiques E. et al. β -Lactam antibiotics induce the SOS response and horizontal transfer of virulence factors in *Staphylococcus aureus* // Journal of bacteriology. - 2006. - T. 188. - No. 7. - pp. 2726-2729.
55. Miller C. et al. SOS response induction by β -lactams and bacterial defense against antibiotic lethality // Science. - 2004. - T. 305. - No. 5690. - pp. 1629-1631.
56. Ozeki H., Stocker B. A. D., De Margerie H. Production of Golicine by Single Bacteria. - 1959.
57. Herschman H. R., Helinski D. R. Comparative study of the events associated with colicin induction // Journal of bacteriology. - 1967. - T. 94. - No. 3. - pp. 691-699.
58. Hardy K. G., Harwood C. R., Meynell G. G. Expression of colicin factor E2-P9 // Molecular and General Genetics MGG. - 1974. - T. 131. - pp. 313-331.
59. Mulec J. et al. A *cka-gfp* transcriptional fusion reveals that the colicin K activity gene is induced in only 3 percent of the population // Journal of bacteriology. - 2003. - T. 185. - No. 2. - pp. 654-659.
60. Eraso J. M., Weinstock G. M. Anaerobic control of colicin E1 production // Journal of bacteriology. - 1992. - T. 174. - No. 15. - pp. 5101-5109.
61. Eraso J. M., Chidambaram M., Weinstock G. M. Increased production of colicin E1 in stationary phase // Journal of bacteriology. - 1996. - T. 178. - No. 7. - pp. 1928-1935.
62. Ebina Y., Nakazawa A. Cyclic AMP-dependent initiation and rho-dependent termination of colicin E1 gene transcription // Journal of Biological Chemistry. - 1983. - T. 258. - No. 11. - pp. 7072-7078.
63. Jerman B., Butala M., Zgur-Bertok D. Sublethal concentrations of ciprofloxacin induce bacteriocin synthesis in *Escherichia coli* // Antimicrobial agents and chemotherapy. - 2005. - T. 49. - No. 7. - pp. 3087-3090.
64. Bano S. et al. Pattern of induction of colicin E9 synthesis by sub MIC of Norfloxacin antibiotic // Microbiological research. - 2013. - T. 168. - No. 10. - pp. 661-666.
65. Riley M. A., Wertz J. E. Bacteriocin diversity: ecological and evolutionary perspectives // Biochimie. - 2002. - T. 84. - No. 5-6. - pp. 357-364.
66. Афонюшкин В. Н. и др. Изучение влияния цитринина на возникновение дисбактериоза и полирезистентности микроорганизмов семейства энтеробактериале // Ветеринарный врач. - 2018. - № 6. - С. 35-39.
67. Roberts J. W., Devoret R. Lysogenic induction // Lambda II. - 1983. - T. 13. - pp. 123-144.
68. Sauer R. T., Ross M. J., Ptashne M. Cleavage of the lambda and P22 repressors by *recA* protein // Journal of Biological Chemistry. - 1982. - T. 257. - No. 8. - pp. 4458-4462.
69. Shearwin K. E., Brumby A. M., Egan J. B. The Tum protein of coliphage 186 is an antirepressor // Journal of Biological Chemistry. - 1998. - T. 273. - No. 10. - pp. 5708-5715.
70. Nechaev S., Severinov K. Bacteriophage-induced modifications of host RNA polymerase // Annual Reviews in Microbiology. - 2003. - T. 57. - No. 1. - pp. 301-322.
71. Smith H. O., Levine M. The synthesis of phage and host DNA in the establishment of lysogeny // Virology. - 1965. - T. 25. - No. 4. - pp. 585-590.
72. Inciarte M. R., Salas M., Sogo J. M. Structure of replicating DNA molecules of *Bacillus subtilis* bacteriophage phi 29 // Journal of Virology. - 1980. - T. 34. - No. 1. - pp. 187-199.
73. Schmieger H., Buch U. Appearance of transducing particles and the fate of host DNA after infection of *Salmonella typhimurium* with P22-mutants with increased transducing ability (HT-mutants) // Molecular and General Genetics MGG. - 1975. - T. 140. - No. 2. - pp. 111-122.
74. Woodworth-Gutai M., Israel V., Levine M. New deoxyribonuclease activity after bacteriophage P22 infection // Journal of Virology. - 1972. - T. 9. - No. 5. - pp. 746-751.
75. Feldgarden M., Riley M. A. High levels of colicin resistance in *Escherichia coli* // Evolution. - 1998. - T. 52. - No. 5. - pp. 1270-1276.
76. Riley M. A., Gordon D. M. A survey of Col plasmids in natural isolates of *Escherichia coli* and an investigation into the stability of Col-plasmid lineages // Microbiology. - 1992. - T. 138. - No. 7. - pp. 1345-1352.
77. Gordon D. M., Riley M. A., Pinou T. Temporal changes in the frequency of colicinogeny in *Escherichia coli* from house mice // Microbiology. - 1998. - T. 144. - No. 8. - pp. 2233-2240.
78. Riley M. A., Gordon D. M. The ecological role of bacteriocins in bacterial competition // Trends in microbiology. - 1999. - T. 7. - No. 3. - pp. 129-133.
79. Hibbing M. E. et al. Bacterial competition: surviving and thriving in the microbial jungle // Nature reviews microbiology. - 2010. - T. 8. - No. 1. - pp. 15-25.
80. Nakamaru M., Iwasa Y. Competition by allelopathy proceeds in traveling waves: colicin-immune strain aids colicin-sensitive strain // Theoretical Population Biology. - 2000. - T. 57. - No. 2. - pp. 131-144.
81. Durrett R., Levin S. Allelopathy in spatially distributed populations // Journal of theoretical biology. - 1997. - T. 185. - No. 2. - pp. 165-171.
82. Reichenbach T., Mobilia M., Frey E. Mobility promotes and jeopardizes biodiversity in rock-paper-scissors games // Nature. - 2007. - T. 448. - No. 7157. - pp. 1046-1049.
83. Hubbell S. P. The unified neutral theory of biodiversity and biogeography (MPB-32). - Princeton University Press. - 2011.
84. Venkat S., Pleimling M. Mobility and asymmetry effects in one-dimensional rock-paper-scissors games // Physical Review E-Statistical, Nonlinear, and Soft Matter Physics. - 2010. - T. 81. - No. 2. - P. 021917.
85. He Q., Mobilia M., Tuber U. C. Spatial rock-paper-scissors models with inhomogeneous reaction rates // Physical Review E-Statistical, Nonlinear, and Soft Matter Physics. - 2010. - T. 82. - No. 5. - P. 051909.
86. Szczesny B., Mobilia M., Rucklidge A. M. When does cyclic dominance lead to stable spiral waves? // Europhysics Letters. - 2013. - T. 102. - No. 2. - P. 28012.
87. Moller A. P. O., Gallas J. A. C. How community size affects survival chances in cyclic competition games that microorganisms play // Physical Review E-Statistical, Nonlinear, and Soft Matter Physics. - 2010. - T. 82. - No. 5. - P. 052901.
88. Nahum J. R., Harding B. N., Kerr B. Evolution of restraint in a structured rock-paper-scissors community // Proceedings of the National Academy of Sciences. - 2011. - T. 108. - No. 2. - pp. 10831-10838.
89. Butala M. et al. Double locking of an *Escherichia coli* promoter by two repressors prevents premature colicin expression and cell lysis // Molecular microbiology. - 2012. - T. 86. - No. 1. - pp. 129-139.
90. Yang T. Y. et al. Posttranscriptional repression of the *cel* gene of the ColE7 operon by the RNA-binding protein CsrA of *Escherichia coli* // Nucleic acids research. - 2010. - T. 38. - No. 12. - pp. 3936-3951.
91. Askari N., Ghanbarpour R. Molecular investigation of the colicinogenic *Escherichia coli* strains that are capable of inhibiting *E. coli* O157: H7 in vitro // BMC veterinary research. - 2019. - T. 15. - pp. 1-8. <https://doi.org/10.1186/s12917-018-1771-y>
92. Bano S. et al. Pattern of induction of colicin E9 synthesis by sub MIC of Norfloxacin antibiotic // Microbiological research. - 2013. - T. 168. - No. 10. - pp. 661-666. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2013.04.005>
93. Tere-Pe?a C. P., Calderon-Ozuna M. N., Leguizam?n J. E. Digital PCR Validation for Characterization of Quantitative Reference Material of *Escherichia coli* O157: H7 Genomic DNA. - 2024. <https://doi.org/10.20944/preprints202406.1226.v1>
94. Сумарокова А. Д. и др. Изучение влияния комбинаций энрофлоксацина с различными антибиотиками на индукцию SOS-ответа *E. coli*. // Ветеринария и кормление. - 2023. - № 7. - С. 84-89.
95. Nefedova E. Solution of the drug resistance problem of *Escherichia coli* with silver nanoparticles: efflux effect and susceptibility to 31 antibiotics / E. Nefedova, N.N. Shkil, N.A. Shkil, D. Garibo, R.L. Vazquez-Gomez, A. Pstryakov, N. Bogdanchikova // Nanomaterials. 2023. - No. 6 - Vol. 13. - P. 1088.
96. Bogdanchikova N. Nanoparticles Partially restore bacterial susceptibility to antibiotics / N. Bogdanchikova, R.L. Vazquez-Gomez, E. Nefedova // Materials. 2024. - T. 17 - No. 7 - P. 1629.

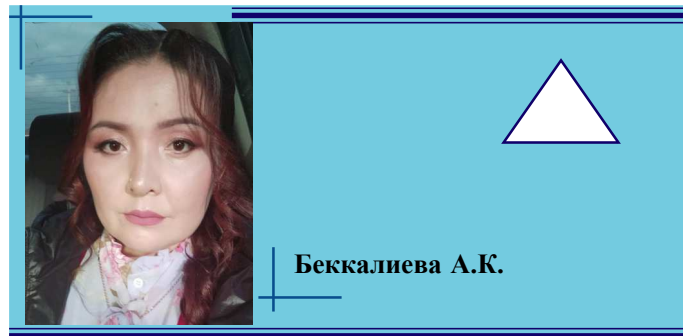
References

1. Verevkina M. N., Zaerko V. I., Malysheva L. A. Infectious diseases of non-productive animals // Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University. - 2017. - No. 11. - pp. 84-88.
2. Ilyina N. A., Karpeeva E. A., Guseva I. T. E. coli as opportunistic bacteria of the human intestine // Medical sciences. - 2008. - T. 25. - P. 31.
3. Aleshkevich V. N. et al. Determination of the intestinal tract microbiocenosis of animals in norm and with dysbacteriosis. - 2017.
4. Gomboev B. N., Siraziev R. Z. The role of opportunistic microflora in non-specific mastitis of ewes // Siberian Bulletin of Agricultural Science. - 2014. - No. 4. - pp. 90-96.
66. Afonyushkin V. N. et al. Study of the effect of citrinin on the occurrence of dysbacteriosis and polyresistance of microorganisms of the enterobacteriaceae family // Veterinary doctor. - 2018. - No. 6. - P. 35-39.
94. Sumarokova A. D. et al. A study of the effect of combinations of enrofloxacin with various antibiotics on the induction of the *E. coli* SOS response // Veterinaria i kormlenie. - 2023. - No. 7. - pp. 84-89.

Публикуется на принципах открытого доступа
Published under an open access license
Creative Commons Attribution 4.0 International License.

DOI CrossRef:10.30917/ATT-VK-1814-9588-2025-1-3
УДК 579.22

Выделение и изучение основных свойств бактериофагов *Pseudomonas syringae*



Беккалиева А.К.

¹Беккалиева А.К., старший преподаватель,
aidyn_kanatovna@mail.ru

²Богданов И.И., кандидат ветеринарных наук, доцент,
первый проректор – проректор по научной работе и
цифровой трансформации, nir-ulgau@yandex.ru

¹Западно-Казахстанский аграрно-технический
университет имени Жангир хана, г. Уральск, Республика
Казахстан

²Ульяновский государственный аграрный университет
имени П.А. Столыпина, г. Ульяновск

Ключевые слова: бактериофаг, *Pseudomonas syringae*, биологические свойства, культивирование, специфичность

Резюме: В промышленности и сельском хозяйстве интерес к бактериофагам обусловлен их использованием для контроля популяций бактерий, приносящих вред на производствах и поражающих сельскохозяйственные растения. Использование различных биопрепаратов для контроля таких бактерий является одним из перспективных методов биологической защиты растений от инфекционных заболеваний. Эта статья посвящена исследованиям по выделению и изучению основных биологических свойств бактериофагов *Pseudomonas syringae*. Для выделения бактериофагов из объектов внешней среды (сточные воды, почва из различных участков) было использовано 124 проб и в качестве индикаторного штамма использовали референс штаммы бактерий *Pseudomonas syringae* №3 (полученный из коллекции музея кафедры "МВЭиВСЭ" Ульяновского ГАУ) и штамм В-10917 (полученный из коллекции БРЦ ВКПМ НИЦ "Курчатовский институт" – ГосНИИгенетика). Наличие фага определяли методом Отто. В результате исследования было выделено 8 бактериофагов. БОЕ бактериофагов *Pseudomonas syringae* это круглые формы с четким прозрачными центра-

Isolation and study of the basic properties of *Pseudomonas syringae* bacteriophages

¹Bekkaliyeva A.K., ²Bogdanov I.I.

¹West Kazakhstan Agrarian Technical University named after Zhangir Khan

²Ulyanovsk Agrarian University named after P.A. Stolypin

Key words: bacteriophage, *Pseudomonas syringae*, biological properties, cultivation, specificity

Abstract. In industry and agriculture, interest in bacteriophages is due to their use to control bacterial populations that are harmful in production and affect agricultural plants. The use of various biological products to control such bacteria is one of the promising methods of biological protection of plants from infectious diseases. This article is devoted to research on the isolation and study of the basic biological properties of bacteriophages *Pseudomonas syringae*. 124 samples were used to isolate bacteriophages from environmental objects (wastewater, soil from various sites) and reference bacteria strains *Pseudomonas syringae* № 3 (obtained from the collection of the Museum of the Department of MVEiVSE of the Ulyanovsk GAU) and strain В-10917 were used as indicator strain. (obtained from the collection of the BRC VKPM SIC "Kurchatov Institute" - GosNIIgenetika). The presence of phage was determined by the Otto method. As a result of the study, 8 bacteriophages were isolated. PFU of bacteriophages *Pseudomonas syringae* are round forms with clear transparent centers without secondary growth with a diameter of 0.5 to 5.0 mm. The results of studying the following biological properties of the isolated bacteriophages are also given: lytic activity according to Appelman and Grazia, specificity of the bacteriophage, the optimal ratio of bacteriophage and culture is selected. Appelman's lytic activity ranged from 10^{-4} to 10^{-8} ; Grace from $1.0 \pm 0.1 \times 10^6$ to $2.0 \pm 0.1 \times 10^9$ (PFU / ml). The spectrum of lytic activity of phages ranged from 42.9% to 71.4%. All bacteriophages had strict specificity. The results of this study can be used to develop a biological product based on bacteriophages that can be used as an effective method for the indication and identification of bacteria *Pseudomonas syringae* in objects of sanitary surveillance, as well as a means to protect plants from bacterial diseases.

ми без вторичного роста диаметром от 0,5 до 5,0 мм. Также приведены результаты по изучению следующих биологических свойств выделенных бактериофагов: литическая активность по Аппельману и Грация, специфичность бактериофага, подобрана оптимальное соотношение бактериофага и культуры. Литическая активность по Аппельману варьировал от 10^{-4} до 10^{-8} ; по Грация от $1,0 \pm 0,1 \times 10^6$ до $2,0 \pm 0,1 \times 10^9$ (БОЕ/мл). Спектр литической активности фагов составлял от 42,9% до 71,4%. Все бактериофаги имели строгую специфичность. Результаты данного исследования можно использовать для разработки биопрепарата на основе бактериофагов который может применяться как эффективный метод при индикации и идентификации бактерий *Pseudomonas syringae* в объектах санитарного надзора, а также как средство для защиты растений от бактериальных болезней.

Введение

Бактериальные болезни поражают почти все сельскохозяйственные культуры и часто являются причиной значительного снижения урожая. В настоящее время известно свыше 200 видов бактерий, принадлежность которых к возбудителям болезней растений не вызывает сомнений [1,2,3,21]. Болезни растений являются причиной серьезных экономических потерь в сельскохозяйственной отрасли во

Для цитирования / For citation

Беккалиева А.К. Выделение и изучение основных свойств бактериофагов *Pseudomonas syringae* // Ветеринария и кормление. – 2025. – №1. – С.16–19.

Bekkaliyeva A.K. Isolation and study of the basic properties of *Pseudomonas syringae* bacteriophages / Bekkaliyeva A.K., Bogdanov I.I. // Veterinaria i kormlenie. – 2025. – #1. – P.16–19.

всем мире. Мониторинг состояния растений и раннее выявление патогенных микроорганизмов имеют важное значение для сокращения распространения болезней и содействия эффективным методам управления [4,5,6,21]. Несмотря на многочисленные исследования отечественных и зарубежных ученых, посвященные возбудителям из вида *Pseudomonas syringae*, степень их специализации и характер родственных связей все еще изучены недостаточно [7,8]. Сходство культурально-биохимических признаков и антигенной структуры и отсутствие видовой специфичности у многих фитопатогенных бактерий флюоресцирующего типа позволило объединить их родственные таксономические группы [9,10]. Так, в сборный вид *Pseudomonas syringae* относят ряд возбудителей, вызывающие бактериозы различных растений [11,12]. Это говорит о сложности затронутой проблемы, решение которой позволило бы получить ценные теоретические обоснования для разработки мер борьбы со многими бактериозами [13].

Бактериофаги вездесущи и распространены в разных экосистемах. Для бактерий, живущих в или на растениях-хозяевах, фаги также могут оказывать значительное влияние на взаимодействие растительных бактерий. Потенциальные механизмы, формирующие это взаимодействие, включают лизирование бактериальных клеток, горизонтальный перенос генов между бактериальными геномами и изменение бактериального фенотипа [14]. Эволюция устойчивости к паразитам является фундаментально важной для экологии болезней, однако мы по-прежнему не можем предсказать, когда и как будет развиваться резистентность [20,22]. Это в значительной степени обусловлено контекстно-зависимым характером взаимодействия хозяина с паразитом, поскольку польза от устойчивости будет зависеть от абиотической и биотической среды. Таким образом, это зависящее от контекста преимущество устойчивости к фагам привело к различным эволюционным результатам в разных средах. Эти результаты подчеркивают важность изучения эволюции устойчивости к паразитам в экологически значимых средах [15].

Известно, что химические препараты отрицательно воздействуют на экологическое равновесие и снижают качество растениеводческой продукции с точки зрения безопасности [16].

Разработка экологически безвредного биопрепарата "точечного действия" на основе бактериофагов позволит получить не только способ для защиты растений от бактериоза, вызываемого *Pseudomonas syringae*, но и предложить лабораториям эффективную методику индикации и идентификации выше названного микроорганизма в объектах санитарного надзора.

В целом поливалентные фаги могут быть легко изолированы от окружающей среды с использованием различных последовательных хозяев, и этот подход должен облегчить изучение их экологической значимости, а также позволить новые области применения [17].

Материалы и методы

Целью исследований является выделение и изучение основных свойств бактериофагов специфичных для бактерий *Pseudomonas syringae*.

Для решения поставленной цели мы должны решить следующие задачи:

1. Выделить бактериофаги бактерий *Pseudomonas syringae* из объектов внешней среды.

2. Определить время инкубирования выделенных бактериофагов.

3. Определить литическую активность выделенных бактериофагов по Аппельману и Грация

4. Определить видовую специфичность выделенных бактериофагов

Объекты и методы исследований

Для работы мы использовали 2 референс-штамма бактерии *Pseudomonas syringae* В-10917 (полученный из коллекции БРЦ ВКПМ НИЦ "Курчатовский институт" – ГосНИИгенетика) и штамм Ps.s №3 (полученный из коллекции музея кафедры "МВЭиВСЭ" Ульяновского ГАУ).

В исследованиях применяли питательный бульон для культивирования микроорганизмов сухой ГРМ-бульон (ФБУН ГНЦПМиБ Россия г. Оболенск), ГРМ-агар агар (ФБУН ГНЦПМиБ Россия г. Оболенск), Трихлорметан стабилизированный 0,6–1 % этанола (хлороформ) ч.д.а. ТУ 2631-066-44493179-01.

Для изучения специфичности бактериофагов нами было использовано штаммы следующих бактерии: *Pseudomonas aeruginosa* – 1 штамм, *Pseudomonas fluorescens* – 2 штаммов, *Pseudomonas putida* – 2 штамма, *Pseudomonas stutzeri* – 1 штамм и другие гарм отрицательные фитопатогенные бактерии (*Pectobacterium carotovorum* – 1 штамм, *Xanthomonas campestris* – 1 штамм) и энтеробактерии (*Salmonella enteritidis* – 1 штамм, *Salmonella typhimurium* – 1 штамм, *Yersinia enterocolitica* – 1 штамм, *Shigella sonnei* – 1 штамм, *Klebsiella pneumoniae* – 1 штамм, *Echerichia coli* – 1 штамм, *Proteus vulgaris* – 1 штамм, *Proteus mirabilis* – 1 штамм).

Использовали 124 пробы: это сточные воды и почвы различной территории Ульяновской, Самарской, Астраханской и Волгоградской, Оренбургской областей (дачные участки, огороды) Российской Федерации и Западно-Казхстанской области, Актюбинской области, Кызылординской облсати Республики Казахстан, также воды рек Свияга (г.Ульяновск), Волга (г.Ульяновск), Сырдария (г.Кызылорда), Урал и Чаган (г.Уральск). Также были взяты пробы растений (листья и плоды: огурца – *Cucumis sativus*; помидора – *Solanum lycopersicum*; фасоли – *Phaseolus*; пшеницы – *Triticum*) с признаками бактериальной болезни (бурое слизеточение, обморожения, повреждения плодов и пятнистость листьев растений) вызываемые *Pseudomonas syringae*.

Выделение и изучение биологических свойств фагов проводили по методам В.Я. Ганюшкина, И.П. Ревенко, Э.Каттер и Д.А.Васильева [18].

Литическую активность определяли по методам Грация и Аппельману [19]. Статистическую обработку результатов исследований проводили с помощью пакета программ Statistica Desktop 13 Russian (for Windows; StatSoft Russia (TIBCO USA), Microsoft Excel 2010).

Результаты исследований и их обсуждение

Исследования проводили в 2016–2019 гг на базе кафедры "Микробиологии, вирусологии, эпизоотологии и ветеринарно-санитарной экспертизы" ФГБОУ ВО Ульяновского ГАУ. Объектом и предметом исследования является объекты внешней среды (почва, вода) и растительный материал. Все исследования проводились поэтапно. Первым этапом наших исследований является выделение из окружающей среды бактериофагов специфичных для бактерии *Pseudomonas syringae*.

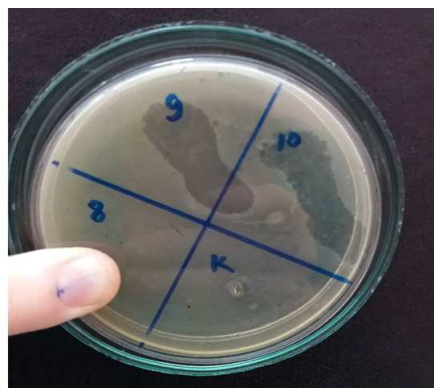


Рис. 1. Выявление бактериофага Ps.s-27UIGAУ(9) и Ps.s-30UIGAУ(10) на газоне культуры В-10917

Fig. 1. Detection of bacteriophage Ps.s-27UIGAУ (9) and Ps.s-30UIGAУ (10) on the culture lawn V-10917

Таблица 1. Характеристика объектов исследований для выделения бактериофагов
Table 1. Characteristics of research objects for the isolation of bacteriophages

№	Название бактериофага	Индикаторная культура	Наимен. объекта выделения
1	Ps.s-1 УлГАУ	<i>B-10917</i>	Листья огурца
2	Ps.s-7 УлГАУ	<i>P.s.-3</i>	Почва
3	Ps.s-8 УлГАУ	<i>P.s.-3</i>	Почва
4	Ps.s-13 УлГАУ	<i>P.s.-3</i>	Почва
5	Ps.s-15 УлГАУ	<i>P.s.-3</i>	Почва
6	Ps.s-27 УлГАУ	<i>P.s.-3</i>	Почва
7	Ps.s-30 УлГАУ	<i>B-10917</i>	Сточные воды
8	Ps.s-77 УлГАУ	<i>B-10917</i>	Почва

Для проведения исследований мы готовили разведения из объектов исследований в мясо-пептонном бульоне (МПБ) 1:10, добавляли штамм бактерий *B-10917* и *P.s.-3* в концентрации 10^4 КОЕ /мл по 1,0 мл. Колбы с пробами ставили в термостат на 24 часа при температуре 28 °С. Затем их фильтровали через ватно-марлевый фильтр для освобождения от механических примесей. После этого содержимое колбы разливали в стерильные пробирки, центрифугировали при 3000 об./мин в течение 30 минут, далее центрифугат в стерильные пробирки, вносили в соотношении 1:10 трихлорметан и взбалтывали в течении 20 минут, потом оставляли на 10 минут для осаждения трихлорметана. И после этого надосадочную жидкость отбирали в стерильную пробирку. Всю эту работу проводили для того чтобы очистить бактериофаг от микробных клеток.

Исследуемые фильтраты исследовали на наличие фага методом Отто нанесения "дорожки" на газон культуры, который был предварительно нанесен на мясо-пептонный агар (МПА) в чашках Петри и "подсушен" в термостате в течение 35–40 минут. В качестве контроля на газон культуры наносили стерильный МПБ с целью получения достоверного результата по выявлению присутствия фага в исследуемом субстрате. Посевы инкубировали в условиях термостата в течение 18–24 часов при температуре 28 ± 2 °С. Положительным результатом эксперимента было наличие на газоне культуры зоны лизиса в виде "дорожки" (рисунок 1).

В результате проведенных исследований нами были выделены 8 бактериофагов, специфичных для штаммов *Pseudomonas syringae*. Результаты исследований представлены в таблице 1.

Далее мы провели селекцию выделенных бактериофагов десятикратным пассированием изолированных бляшкообразующих единиц (БОЕ) на МПА с перевиванием на МПБ [22]. С зоны лизиса на чашке отвивали БОЕ в пробирку с МПБ и добавляли 0,2 мл индикаторной культуры, во вторую пробирку с МПБ вносили только 24 часовую индикаторную культуру в объеме 0,2 мл. Первая пробирка была опытом, а вторая пробирка контролем. Пробирки помещали в термостат и инкубировали при 28 ± 2 °С до образования в контрольной пробирке явно выраженного роста индикаторной культуры (рост индикаторной культуры проверяли каждые 30 минут). В ходе эксперимента установлено, что время пассажа (инкубирования) бактериофагов, специфичных для бактерий *Pseudomonas syringae*, колеблется от 3

часов до 5 часов. Время инкубирования бактериофагов приведены в таблице 2.

Следующим этапом нашей работы было изучение основных биологических свойств выделенных бактериофагов.

Литической активностью бактериофага называется свойство фага вызвать лизис бактериальной культуры на плотной или жидкой питательной среде, оно выражается максимальным разведением фага, проявляющий литическое действие. Литическую активность выделенных бактериофагов определяли по методу Аппельмана и Грация [22].

Литическая активность изучаемых бактериофагов бактерий *Pseudomonas syringae* составила по Аппельману от 10^{-4} до 10^{-8} ; по Грация от $1,0 \pm 0,1 \times 10^6$ до $2,0 \pm 0,1 \times 10^9$ (БОЕ/мл).

Спектр литической активности бактериофагов, т.е. диапазон лизиса гомологичных к бактериофагу бактерий является их характерной особенностью и может применяться идентификации [1,22]. В исследованиях мы использовали 2 референс-штамма и 13 полевых штамм бактерий *Pseudomonas syringae*. Спектр литической активности варьировал от 42,9% (*Ps.s-1* УлГАУ) до 71,4% (*Ps.s-7* УлГАУ).

Морфологию бляшкообразующих единиц мы изучали на плотных питательных средах для дифференциации их на умеренные и вирулентные, согласно классификации И.П. Ревенко [20,22]. Экспериментальным путем было установлено, что выделенные бактериофаги бактерий *Pseudomonas syringae* формировали схожие БОЕ округлой формы с четкими прозрачными центрами, без вторичного роста диаметром от 0,5 до 5,0 мм.

Видовая специфичность фагов используется в практике для дифференциации бактерии. Это способность фагов определяется, прежде всего, сродством их к рецепторам лизируемых бактерий. Определение видовой специфичности выделенных бактериофагов *Pseudomonas syringae* проводили на МПА методом нанесения фага на газон культуры. В результате изучения специфичности восьми бактериофагов *Pseudomonas syringae* по отношению к представителям других родов и видов бактерий: *Pseudomonas aeruginosa* 1 штамм, *Pseudomonas fluorescens* 2 штаммов, *Pseudomonas putida* 2 штамма, *Pseudomonas stutzeri* 1 штамм, *Pectobacterium carotovorum* 1 штамм, *Xanthomonas campestris* 1 штамм, *Saimonella enteritidis* 1 штамм, *Salmonella typhimurium* 1 штамм, *Yersinia enterocolitica* 1 штамм, *Shigella sonnei* 1 штамм, *Klebsiella pneumoniae* 1 штамм, *Echerichia coli* 1 штамм, *Proteus vulgaris* 1 штамм, *Proteus mirabilis* 1 штамм установили строгую специфичность фагов.

Выводы

Установлено, что оптимальной схемой для выделения бактериофагов *Pseudomonas syringae* из окружающей среды является метод стекающей капли с использованием трихлорметана для инактивации микробных клеток. Оптимальное соотношение 1:1, т.е. 0,2 мл фага на 0,2 мл индикаторной культуры. Время пассажа - 3,0-5,0 часов инкубирования при температуре 28 ± 2 °С. В результате проведенных исследований было выделено 8 бактериофагов *Pseudomonas syringae* из проб.

Изучены некоторые биологические свойства выделенных бактериофагов *Pseudomonas syringae* литическая активность по Аппельману от 10^{-4} до 10^{-8} ; по Грация от $1,0 \pm 0,1 \times 10^6$ до $2,0 \pm 0,1 \times 10^9$ (БОЕ/мл), спектр литической активности составляет на 13 штаммах минимальный про-

Таблица 2. Время инкубирования бактериофагов

Наименование бактериофага	Ps.s-1 УлГАУ	Ps.s-7 УлГАУ	Ps.s-8 УлГАУ	Ps.s-13 УлГАУ	Ps.s-15 УлГАУ	Ps.s-27 УлГАУ	Ps.s-30 УлГАУ	Ps.s-77 УлГАУ
Время инкубирования, час	3,0 ч	3,5 ч	3,0 ч	3,5 ч	4,0 ч	3,5 ч	3,0 ч	5,0 ч

цент лизируемых культур *Pseudomonas syringae* 42,9%, максимальный 71,4%. Все выделенные бактериофаги имеют строгую специфичность.

Исследования были проведены для разработки экологически безвредного биопрепарата на основе бактериофагов который может применяться лабораториями как эффективный метод индикации и идентификации бактерий *Pseudomonas syringae* в объектах санитарного надзора, и как средство для защиты растений от бактериальных болезней вызываемого *Pseudomonas syringae*.

Исследования проводились при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проект "Фундаментальные основы разработки фагового препарата, специфичного для Pseudomonas syringae, и прикладные аспекты его применения для фагоидентификации и биопроцессинга пищевых продуктов и сельскохозяйственного сырья" №19-44-730014

Литература

1. Wojtus J. K. et al. Genome Sequence of a Jumbo Bacteriophage That Infects the Kiwifruit Phytopathogen *Pseudomonas syringae* pv. actinidiae // *Microbiology resource announcements*. - 2019. - Т. 8. - №. 22. - С. e00224-19.
2. Pinheiro L. A. M. et al. Efficiency of Phage 6 for Biocontrol of *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*: An in Vitro Preliminary Study // *Microorganisms*. - 2019. - Т. 7. - №. 9. - С. 286.
3. Sistro M. et al. Genomic and gene-expression comparisons among phage-resistant type-IV pilus mutants of *Pseudomonas syringae* pathovar phaseolicola // *PLoS one*. - 2015. - Т. 10. - №. 12.
4. Martinelli F. et al. Advanced methods of plant disease detection. A review // *Agronomy for Sustainable Development*. - 2015. - Т. 35. - №. 1. - С. 1-25.
5. Balestra G. M. et al. A multiplex PCR assay for detection of *Pseudomonas syringae* pv. actinidiae and differentiation of populations with different geographic origin // *Plant Disease*. - 2013. - Т. 97. - №. 4. - С. 472-478.
6. Cameron A., Sarojini V. *Pseudomonas syringae* pv. actinidiae: chemical control, resistance mechanisms and possible alternatives // *Plant Pathology*. - 2014. - Т. 63. - №. 1. - С. 1-11.
7. Yang Y. et al. Characterization of the first double-stranded RNA bacteriophage infecting *Pseudomonas aeruginosa* // *Scientific reports*. - 2016. - Т. 6. - С. 38795.
8. Frampton R. A. et al. Genome, proteome and structure of a T7-like bacteriophage of the kiwifruit canker phytopathogen *Pseudomonas syringae* pv. actinidiae // *Viruses*. - 2015. - Т. 7. - №. 7. - С. 3361-3379.
9. Roberts R. et al. Natural variation for unusual host responses and flagellin-mediated immunity against *Pseudomonas syringae* in genetically diverse tomato accessions // *New Phytologist*. - 2019. - Т. 223. - №. 1. - С. 447-461.
10. Wagner K. S., Rajkov J. Digest: Lab versus nature: Disease resistance evolution differs between environments // *Evolution*. - 2019. - Т. 73. - №. 12. - С. 2540-2541.
11. Yin Y. et al. Isolation and characterisation of phages against *Pseudomonas syringae* pv. actinidiae // *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B-Soil & Plant Science*. - 2019. - Т. 69. - №. 3. - С. 199-208.
12. Chen W. et al. CRISPR/Cas9-based genome editing in *Pseudomonas aeruginosa* and cytidine deaminase-mediated base editing in *Pseudomonas* species // *IScience*. - 2018. - Т. 6. - С. 222-231.
13. Yedidia I. et al. Concomitant induction of systemic resistance to *Pseudomonas syringae* pv. lachrymans in cucumber by *Trichoderma asperellum* (T-203) and accumulation of phytoalexins // *Appl. Environ. Microbiol.* - 2003. - Т. 69. - №. 12. - С. 7343-7353.
14. Koskella B., Taylor T. B. Multifaceted impacts of bacteriophages in the plant microbiome // *Annual review of phytopathology*. - 2018.
15. Hernandez C. A., Koskella B. Phage resistance evolution in vitro is not reflective of in vivo outcome in a plant bacteria phage system // *Evolution*. - 2019. - Т. 73. - №. 12. - С. 2461-2475.
16. Cement A. et al. Potential of bacteriophages to control bacterial speck of tomato (*Pseudomonas syringae* pv. tomato) - 2018.
17. Yu J. G. et al. Isolation and characterization of bacteriophages against *Pseudomonas syringae* pv. actinidiae causing bacterial canker disease in kiwifruit // *J. Microbiol. Biotechnol.* - 2016. - Т. 26. - №. 2. - С. 385-393.
18. Васильев Д. А., Золотухин С. Н. Антология научно-методических материалов по изучению бактериофагов // Ульяновск, УГСХА. - 2017. - С. 201.
19. Васильев Д. А., Викторов Д. А., Богданов И. И. Выделение бактериофагов бактерий *Pseudomonas putida* и их селекция в целях создания биопрепарата для диагностики псевдомоноза рыб // *Естественные и технические науки*. - 2011. - №. 2. - С. 79-82.
20. Орловская П. И. и др. Выделение и характеристика бактериофагов *Pseudomonas syringae* // *Микробные биотехнологии: фундаментальные и прикладные аспекты. материалы XI Междунар. науч. конф. (- Минск, 3-6 июня 2019 г.) орг. ком. конф.: Э. И. Коломиец (председа-*

тель) и [др.]. - Минск, Беларуская навука, 2019. - 176-178с.

21. Тимченко И. Бактериозы зерновых: скрытая угроза // *Поле августа*. 2016. Харченко А. Бактериозы - угроза для людей и растений (*Pseudomonas syringae*) // *Зерно* (всеукраинский журнал агропромышленника). Украина 2011. №01 (57) С. 71-82 №11(157)
22. Васильев Д. А. и др. Разработка биотехнологических параметров создания бактериофаговых биопрепаратов для деконтаминации микрофлоры, вызывающей порчу пищевого сырья животного происхождения и мясных, рыбных, молочных продуктов (биопроцессинг) / Научная монография Васильев Д. А., Феоктистова Н. А., А. В. Алешкин, С. Н. Золотухин, А. В. Мاستиленко, И. А. Кисилева, Е. В. Сульдина, Д. В. Никитченко - Ульяновск, 2019. - 450 с

References

1. Wojtus J. K. et al. Genome Sequence of a Jumbo Bacteriophage That Infects the Kiwifruit Phytopathogen *Pseudomonas syringae* pv. actinidiae // *Microbiology resource announcements*. - 2019. - Т. 8. - №. 22. - С. e00224-19.
2. Pinheiro L. A. M. et al. Efficiency of Phage 6 for Biocontrol of *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*: An in Vitro Preliminary Study // *Microorganisms*. - 2019. - Т. 7. - №. 9. - С. 286.
3. Sistro M. et al. Genomic and gene-expression comparisons among phage-resistant type-IV pilus mutants of *Pseudomonas syringae* pathovar phaseolicola // *PLoS one*. - 2015. - Т. 10. - №. 12.
4. Martinelli F. et al. Advanced methods of plant disease detection. A review // *Agronomy for Sustainable Development*. - 2015. - Т. 35. - №. 1. - С. 1-25.
5. Balestra G. M. et al. A multiplex PCR assay for detection of *Pseudomonas syringae* pv. actinidiae and differentiation of populations with different geographic origin // *Plant Disease*. - 2013. - Т. 97. - №. 4. - С. 472-478.
6. Cameron A., Sarojini V. *Pseudomonas syringae* pv. actinidiae: chemical control, resistance mechanisms and possible alternatives // *Plant Pathology*. - 2014. - Т. 63. - №. 1. - С. 1-11.
7. Yang Y. et al. Characterization of the first double-stranded RNA bacteriophage infecting *Pseudomonas aeruginosa* // *Scientific reports*. - 2016. - Т. 6. - С. 38795.
8. Frampton R. A. et al. Genome, proteome and structure of a T7-like bacteriophage of the kiwifruit canker phytopathogen *Pseudomonas syringae* pv. actinidiae // *Viruses*. - 2015. - Т. 7. - №. 7. - С. 3361-3379.
9. Roberts R. et al. Natural variation for unusual host responses and flagellin-mediated immunity against *Pseudomonas syringae* in genetically diverse tomato accessions // *New Phytologist*. - 2019. - Т. 223. - №. 1. - С. 447-461.
10. Wagner K. S., Rajkov J. Digest: Lab versus nature: Disease resistance evolution differs between environments // *Evolution*. - 2019. - Т. 73. - №. 12. - С. 2540-2541.
11. Yin Y. et al. Isolation and characterisation of phages against *Pseudomonas syringae* pv. actinidiae // *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B-Soil & Plant Science*. - 2019. - Т. 69. - №. 3. - С. 199-208.
12. Chen W. et al. CRISPR/Cas9-based genome editing in *Pseudomonas aeruginosa* and cytidine deaminase-mediated base editing in *Pseudomonas* species // *IScience*. - 2018. - Т. 6. - С. 222-231.
13. Yedidia I. et al. Concomitant induction of systemic resistance to *Pseudomonas syringae* pv. lachrymans in cucumber by *Trichoderma asperellum* (T-203) and accumulation of phytoalexins // *Appl. Environ. Microbiol.* - 2003. - Т. 69. - №. 12. - С. 7343-7353.
14. Koskella B., Taylor T. B. Multifaceted impacts of bacteriophages in the plant microbiome // *Annual review of phytopathology*. - 2018.
15. Hernandez C. A., Koskella B. Phage resistance evolution in vitro is not reflective of in vivo outcome in a plant bacteria phage system // *Evolution*. - 2019. - Т. 73. - №. 12. - С. 2461-2475.
16. Cement A. et al. Potential of bacteriophages to control bacterial speck of tomato (*Pseudomonas syringae* pv. tomato) - 2018.
17. Yu J. G. et al. Isolation and characterization of bacteriophages against *Pseudomonas syringae* pv. actinidiae causing bacterial canker disease in kiwifruit // *J. Microbiol. Biotechnol.* - 2016. - Т. 26. - №. 2. - С. 385-393.
18. Vasiliev D. A., Zolotukhin S. N. Anthology of scientific and methodological materials for the study of bacteriophages // Ulyanovsk, UGSHA. - 2017. - P. 201.
19. Vasiliev D. A., Viktorov D. A., Bogdanov I. I. Isolation of bacteriophages of bacteria *Pseudomonas putida* and their selection in order to create a biological product for the diagnosis of fish pseudomonosis // *Natural and Technical Sciences*. - 2011. - №. 2. - P. 79-82.
20. Орловская П. И. et al. Isolation and characterization of bacteriophages *Pseudomonas syringae* // *Microbial biotechnologies: fundamental and applied aspects: materials of the XI Intern. scientific conf. (Minsk, June 3-6, 2019) / org. com conf.: El Kolomyets (chairman) and [other]. - Minsk: Belaruskaya Navuka, 2019. -- 176-178 p.*
21. Тимченко И. Бактериозы зерновых: скрытая угроза // *Field of August*. 2016. Kharchenko A. Bacterioses - a threat to people and plants (*Pseudomonas syringae*) // *Grain* (All-Ukrainian Journal of Agriculture). Ukraine 2011. No. 01 (57) S. 71-82 No. 11 (157)
22. Vasiliev D. A. et al. Development of biotechnological parameters for the creation of bacteriophage biologics for decontamination of microflora causing damage to food raw materials of animal origin and meat, fish, dairy products (bioprocessing) / *Scientific monograph D.A. Vasiliev, Feoktistova N.A., A.V. Aleshkin, S.N. Zolotukhin, A.V. Mastilenko, I.A. Kisilev, E.V. Suldina, D.V. Nikitchenko - Ulyanovsk, 2019. - 450 s*

Публикуется на принципах открытого доступа
Published under an open access license
Creative Commons Attribution 4.0 International License.

DOI CrossRef:10.30917/ATT-VK-1814-9588-2025-1-4
УДК 637.1:543.9

Обнаружение остатков ингибирующих веществ в молоке



Блюмская С.Н.

Блюмская С.Н., кандидат ветеринарных наук, доцент кафедры ветеринарно-санитарной экспертизы и микробиологии, ФГБОУ ВО "Курский государственный аграрный университет имени И.И. Иванова", г. Курск, shceva8@yandex.ru

Наумов М.М., доктор ветеринарных наук, профессор кафедры физиологии и химии имени А. А. Сысоева, ФГБОУ ВО "Курский государственный аграрный университет имени И.И. Иванова", г. Курск, Naumovmm@rambler.ru

Ключевые слова: ингибирующие вещества, антибиотики, молоко, мониторинг, иммуноферментный анализ

Резюме. В статье исследуются методы обнаружения остатков ингибирующих веществ (ОИВ) в сыром коровьем молоке, с особым акцентом на антибиотики, которые могут попадать в молоко в результате лечения животных. Проблема наличия ОИВ в молоке имеет значительное влияние как на здоровье потребителей, так и на эффективность молочной промышленности, поскольку антибиотики могут препятствовать технологическим процессам переработки молока. В исследовании применялись различные методики для анализа молочных образцов, собранных на предприятиях Курской области, включая селективные экспресс-тесты Twinsensor BT и SNAP β -lactam, широкоспектральные тесты Delvotest T и Eclipse, а также иммуноферментный анализ (ИФА). Результаты показали, что Twinsensor BT обладает высокой точностью в обнаружении остатков бета-лактамовых антибиотиков и тетрациклинов, выявив ингибирующие вещества в 16,7% образцов молока. SNAP β -lactam подтвердил эти данные, выявив 13,3% положительных образцов. Широкоспектральные тесты, такие как Delvotest T и Eclipse, продемонстрировали ещё большую чувствительность: положительные результаты были получены в 20% и 16,7% образцов соответственно. Иммуноферментный анализ подтвердил наличие таких антибиотиков, как стрепто-

Для цитирования / For citation

Блюмская, С.Н. Обнаружение остатков ингибирующих веществ в молоке / Блюмская С.Н., Наумов М.М. // Ветеринария и кормление. – 2025. – №1. – С.20–23.

Blumskaya, S.N. Detection of residues of inhibitory substances in milk / Blumskaya S.N., Naumov M.M. // Veterinaria i kormlenie. – 2025. – #1. – P.20–23.

Detection of inhibitor residues in milk

Blyumskaya S.N., Naumov M.M.

Kursk State Agrarian University named after I. I. Ivanov",
Kursk

Key words: inhibitory substances, antibiotics, milk, monitoring, enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA)

Abstract. The article explores methods for detecting residues of inhibitory substances (ISRs) in raw cow's milk, with a particular focus on antibiotics that may enter milk as a result of treating animals. The presence of ISRs in milk has a significant impact on both consumer health and the efficiency of the dairy industry, as antibiotics can interfere with milk processing technologies. The study utilized various techniques to analyze milk samples collected from dairy farms in the Kursk region, including selective rapid tests such as Twinsensor BT and SNAP β -lactam, broad-spectrum tests like Delvotest T and Eclipse, as well as enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA). The results showed that Twinsensor BT demonstrated high accuracy in detecting beta-lactam and tetracycline antibiotic residues, identifying inhibitory substances in 16.7% of milk samples. The SNAP β -lactam test confirmed these findings, detecting 13.3% of positive samples. Broad-spectrum tests like Delvotest T and Eclipse exhibited even greater sensitivity, with positive results obtained in 20% and 16.7% of samples, respectively. The ELISA confirmed the presence of antibiotics such as streptomycin and penicillin, detecting residues in 13.3% of samples. Overall, approximately 20% of the tested milk samples contained ISR residues, highlighting the need for stricter control over the use of antibiotics in veterinary practice and regular monitoring of dairy products at all stages of production. The importance of using multiple detection methods to obtain the most accurate data on milk contamination with inhibitory substances is also a key conclusion of the study. The results indicate a high prevalence of antibiotic residues in milk, which may adversely affect its processing and safety. The Delvotest T and Eclipse tests were found to be the most effective in detecting a wide range of inhibitory substances, confirming their importance for monitoring. The data emphasize the need for stricter measures to control the use of veterinary drugs in dairy farming.

мицин и пенициллин, обнаружив остатки в 13,3% образцов. Таким образом, около 20% исследованных образцов молока содержали остатки ОИВ, что подчёркивает необходимость усиленного контроля за использованием антибиотиков в ветеринарной практике и регулярного мониторинга продукции на всех этапах её производства. Важность применения нескольких методов детекции для получения наиболее точных данных о контаминации молока ингибирующими веществами также является ключевым выводом исследования. Результаты исследования указывают на высокую распространенность остатков антибиотиков в молоке, что может негативно сказываться на его переработке и безопасности. Наиболее эффективными для выявления широкого спектра ингибирующих веществ оказались тесты Delvotest T и Eclipse, что подтверждает их важность для мониторинга. Полученные данные подчёркивают необходимость разработки более строгих мер контроля за использованием ветеринарных препаратов в молочном животноводстве.

Введение

Молоко является первой и в течение определённого периода единственной пищей детёнышей всех млекопитающих. Это сложная биологическая жидкость, которая своими химическими и физико-химическими свойствами отражает питательные потребности детёнышей.

Для того чтобы мы могли употреблять молоко, необходимо, чтобы оно было с точки зрения гигиены абсолютно безопасным. Качество молока оценивается на основании определения количества микроорганизмов в сыром молоке, количества соматических клеток, и прежде всего, наличия остаточных ингибирующих веществ (ОИВ). Появление ОИВ в молоке связано, в основном, с чрезмерным использованием антибиотиков при лечении больных коров, а также с несоблюдением защитных сроков. Защитный срок – это заранее установленный период, в течение которого молоко от леченой коровы не должно использоваться для питания людей. Остатки ингибирующих веществ (ОИВ), в основном антибиотиков, могут негативно влиять на здоровье потребителей, а также усложнять или полностью препятствовать переработке молока в молочные продукты. Предотвращение появления ОИВ в молоке заключается в первую очередь в соблюдении всех зоотехнических принципов при использовании ветеринарных лекарств и в регулярном контроле ОИВ на всех уровнях процесса обработки молока. **Целью** исследования является суммирование современных знаний о молоке и ингибирующих веществах в нем, описание методов, используемых для детекции ингибирующих веществ в молоке, статистически обработать данные, полученные из лабораторий Государственного ветеринарного учреждения и оценка того, уменьшается или, наоборот, увеличивается появление ОИВ в молоке.

Материал и методика исследования

ОИВ в молоке определяют дабы удостовериться в его безопасности для здоровья, а также в его качестве для молочной переработки. С развитием современных аналитических техник для детекции ОИВ используются всё более чувствительные методы. Определение ОИВ в молоке можно разделить на два взаимозависимых этапа. Сначала необходимо установить, присутствуют ли ингибирующие вещества в молоке. Если ингибирующие вещества (ИВ) присутствуют в молоке, возможно провести их идентификацию и последующую количественную оценку.

Повсеместный мониторинг проводится с помощью скрининговых методов. Эти методы предоставляют информацию о том, присутствует ли исследуемый аналит в образце в опасных или неразрешенных концентрациях. При повсеместном мониторинге РИЛ в молоке наиболее широко используются селективные и широкоспектральные экспресс-тесты.

Селективные экспресс-тесты находят применение преимущественно в молочной промышленности. Они основаны на рецепторном анализе, позволяющем обнаруживать бета-лактамы антибиотики, тетрациклины (ТТЦ), хинолоны и сульфонамиды. Однако, как правило, они обнаруживают только одну группу антибиотиков. На рынке также доступны методы, позволяющие обнаруживать несколько групп лекарственных средств. Нами были использованы

следующие методы: два селективных экспресс-теста: Twinsensor BT и SNAP β -lactam тест; два широкоспектральных быстрых тестов Delvotest T и Eclipse, а также иммуноферментный анализ (ИФА).

Twinsensor BT – это рецепторный конкурентный тест, предназначенный для быстрой детекции бета-лактамы антибиотиков и тетрациклинов (ТТС) в образцах сырого коровьего молока. Этот тест использует для определения антибиотиков специфические рецепторы для бета-лактамов и тетрациклинов.

Микролунка тестового набора содержит определённое количество указанных рецепторов. С помощью микропипетки, входящей в комплект, в микролунку добавляется 200 мкл молока, и содержимое тщательно перемешивается путём многократного всасывания и вытеснения содержимого кончика пипетки. После этого микролунку помещают в термоблок или водяную баню на 3 минуты. Если в образце молока присутствуют бета-лактамы антибиотики или ТТС, в первой фазе инкубации образца формируются стабильные неактивные комплексы антибиотиков со специфическими рецепторами. После завершения первой фазы инкубации в микролунку вставляют полоску, что приводит к миграции образца через детекционную зону полоски. Инкубация продолжается еще 3 минуты. По окончании второй фазы инкубации полоска извлекается из микролунки, и оценивается интенсивность окраски детекционных линий.

В детекционной зоне полоски находится линия для детекции бета-лактамы антибиотиков, линия для детекции ТТС и контрольная линия, которая гарантирует валидность теста. Если в тестируемом образце молока антибиотики отсутствуют, в детекционной зоне полоски появляется цветная линия, указывающая на их отсутствие. Результат теста оценивается на основе окраски линий полоски. Оценку можно проводить визуально или с помощью считывающего устройства.

Снап Бета-лактама тест – это энзимно-рецепторный метод, который используется для обнаружения остатков бета-лактамы антибиотиков в сыром коровьем молоке. Принцип метода заключается в образовании комплекса между специфическим рецептором (протеином) и бета-лактамы антибиотиками в образце молока. Комплект Снап Бета-лактама теста включает в себя пробирку с реагентной таблеткой, пипетку, устройство SNAP и термоблок.

Результат теста считается отрицательным, если поле образца темнее или такого же цвета, как и контрольное поле. О положительном результате можно говорить, если поле образца светлее, чем контрольное поле. Оценка результатов теста иллюстрируется на рисунках 1 и 2.

Преимущество широкоспектральных экспресс-тестов заключается в их чувствительности к широкому спектру посторонних веществ и простоте выполнения. Недостатком



Рисунок 1. Результаты теста Twinsensor BT
Figure 1. Twinsensor BT test results

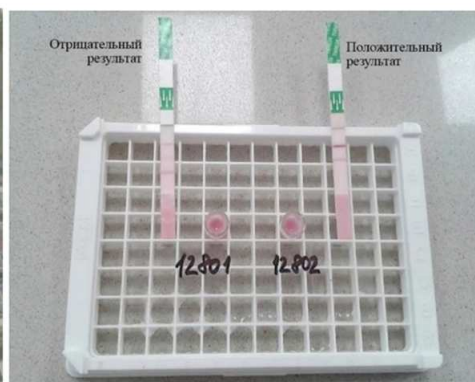


Рисунок 2. Результаты Эклипс теста
Figure 2. Eclipse test results

является только длительное время инкубации. Delvotest T – это стандартный диффузионный тест, основанный на чувствительности тестируемого штамма спор *Geobacillus stearothermophilus* var. *calidolactis*. В качестве индикатора используется бромкрезолпурпур.

Перед проведением теста необходимо включить термоблок, который используется для инкубации ампул. Температура термоблока устанавливается на 65 °С. Затем из набора теста Delvotest T берется необходимое количество ампул, которые помечаются номером испытываемого образца молока. Ампулы открываются пробиванием алюминиевой фольги и с помощью одноразовой пипетки, входящей в комплект теста, в каждую ампулу добавляется 0,1 мл соответствующего образца молока. Ампулы затем помещаются в термоблок на трехчасовую инкубацию. По окончании инкубации ампулы извлекаются из термоблока и происходит оценка результата теста.

Если RIL присутствуют в образце молока, они проникают в тестирующую среду на дне лунки или пробирки. Затем присутствие RIL оценивается на основе изменения окраски агара. Результаты теста оцениваются по прилагаемой цветной карте. Если образец приобретает желтый цвет, его можно считать отрицательным. В случае, если образец окрашен в фиолетовый цвет, в нем присутствуют RIL. При оценке всегда учитываются нижние две трети среды.

Эклипс тест используется для анализа не только коровьего молока, но и козьего, а также овечьего молока. Он основан на ингибировании роста тестового штамма *Geobacillus stearothermophilus* var. *calidolactis*. Тестирование молока проводится в лунках микропланшетов, содержащих агар с тестовым штаммом спор и также рН-индикатор.

Из микропланшета берется необходимое количество лунок, с которых снимается пленка, и в каждую лунку набирается 50 мкл образца молока. Затем лунки снова заклеиваются пленкой и инкубируются при температуре 65 °С в течение 2,5 - 3 часов. Оптимальное время инкубации указывается производителем и специфично для каждой партии теста. По окончании инкубации результат теста оценивается по прилагаемой цветной карте. Оценка теста проводится на основе изменения окраски тестируемого образца. Если образец не содержит следов антибиотиков, он окрашен в желтый цвет. Фиолетовый цвет образца указывает на присутствие антибиотиков в молоке.

На рисунке показан результат Эклипс теста. Образец № 12801 после инкубации окрасился в желтый цвет, следовательно, не содержит антибиотиков. Образец № 12802 имеет фиолетовое окрашивание, что сигнализирует о наличии антибиотиков в молоке, из которого был взят образец для тестирования.

Для целенаправленного обнаружения ветеринарных препаратов применяют иммуноферментные методы. Наиболее часто назначаемыми препаратами являются стрептомицин и дигидрострептомицин, а также пенициллин, неомицин, ТТС и гентамицин. Из иммуноферментных методов для выявления АТБ применяют метод ИФА (энзим-связанный иммуносорбентный анализ). Метод ИФА высокоспецифичен, и, учитывая MRL, чувствительность теста является удовлетворительной 10, 19. ИФА основан на реакции специфического связывания между антигеном и антителом. Чаще всего ИФА используют в так называемой сэндвич-системе (сэндвич-ИФА). При такой схеме теста с обнаруженным антигеном связываются иммобилизованное антитело, а также антитело, меченное ферментом. Оценка метода проводится визуально или с помощью спектрофотометра.

Результаты исследования

В ходе данного исследования были проанализированы образцы молока от ведущих молочных производств Курской области: ОАО "Курское молоко", ООО "Курский молочный завод" и АО "Суджанский маслодельный комбинат". Методом рецепторного конкурентного теста Twinsensor BT было проверено 30 образцов молока. Этот метод позволяет эффективно обнаруживать бета-лактамы антибиотики и тетрациклины (ТТЦ) благодаря использованию специфических рецепторов. В результате тестирования в 5 из 30 образцов (16,7%) были обнаружены ингибирующие вещества. Из них 3 образца (10%) содержали остатки бета-лактамов, а 2 образца (6,7%) – тетрациклинов. Данный метод показал высокую специфичность и чувствительность к анализируемым веществам, что подтверждает его актуальность для использования в молочной промышленности. SNAP β -lactam тест применялся для детекции остатков бета-лактамов антибиотиков. Тестирование 30 образцов молока выявило 4 положительных результата (13,3%), что коррелирует с данными, полученными при использовании метода Twinsensor BT. Этот метод основывается на взаимодействии специфических рецепторов с бета-лактамами антибиотиками, что позволяет с высокой точностью определить наличие ингибирующих веществ в молоке.

Широкоспектральный экспресс-тест Delvotest T был использован для выявления широкого спектра антибиотиков в молоке. Из 30 образцов, проанализированных данным методом, 6 образцов (20%) показали положительный результат. Из них 2 образца содержали как бета-лактамы, так и тетрациклины. Этот метод, основанный на чувствительности тестируемого штамма *Geobacillus stearothermophilus* var. *calidolactis*, подтвердил свою высокую эффективность и чувствительность к различным группам антибиотиков.

Eclipse тест, предназначенный для анализа коровьего, козьего и овечьего молока, был применен для подтверждения результатов, полученных методом Delvotest T. Из 30 проанализированных образцов 5 образцов (16,7%) содержали ингибирующие вещества. В частности, 2 образца подтвердили наличие тетрациклинов. Метод Eclipse теста также продемонстрировал высокую точность и надежность в выявлении остатков антибиотиков в молоке. Иммуноферментный анализ (ИФА) применялся для целенаправленного обнаружения остатков стрептомицина, дигидрострептомицина, пенициллина, неомицина, ТТЦ и гентамицина. Из 30 проанализированных образцов 4 образца (13,3%) показали наличие остатков стрептомицина и дигидрострептомицина, а 3 образца (10%) – пенициллина и ТТЦ. Метод ИФА, основанный на специфической реакции между антигеном и антителом, подтвердил высокую специфичность и чувствительность в детекции ветеринарных препаратов.

Результаты данного исследования показывают, что в молоке, произведенном на предприятиях Курской области, обнаруживаются остатки ингибирующих веществ, преимущественно бета-лактамов и тетрациклинов. Наибольшее количество положительных образцов было выявлено с помощью тестов Delvotest T и Eclipse, что подчеркивает необходимость применения широкоспектральных методов для более полного выявления контаминации молока ингибирующими веществами. Результаты ИФА подтвердили присутствие специфических антибиотиков, что свидетельствует о важности строгого контроля за использованием ветеринарных препаратов в молочной промышленности.

Выводы

Остатки ингибирующих веществ (ОИВ) продолжают присутствовать в молоке, произведенном на молочных предприятиях Курской области, несмотря на существующие

нормативы и контроль. Применение нескольких методик для выявления этих веществ продемонстрировало, что наибольшее количество положительных результатов было получено с помощью широкоспектральных тестов, таких как Delvotest T и Eclipse, которые оказались наиболее чувствительными к разным классам антибиотиков. При этом селективные тесты, такие как Twinsensor BT и SNAP β -lactam, показали высокую точность в обнаружении остатков бета-лактамов и тетрациклинов.

По результатам исследования, около 20% образцов молока содержат остатки антибиотиков, что указывает на необходимость усиления контроля за использованием ветеринарных препаратов в молочном животноводстве. Наиболее часто обнаруживаемыми препаратами были бета-лактамы и тетрациклины, что связано с их широким применением в лечении коров. Использование иммуноферментного анализа (ИФА) подтвердило наличие специфических антибиотиков, таких как стрептомицин и дигидрострептомицин, что указывает на необходимость постоянного мониторинга этих веществ.

Литература

1. Овечкин, А. И. "Методы оценки остаточного количества антибиотиков группы амфениколы в молоке и молочной продукции" // Научные труды ВНИИМП. - 2020. - Т. 23, № 2. - С. 45-52.
2. Петров, В. П. "Методы обнаружения остаточных концентраций антибиотиков в молоке" // Ветеринария и жизнь. - 2019. - № 4. - С. 112-120.
3. Смирнова, И. И. "Оценка риска для здоровья человека при потреблении молока с остаточными концентрациями антибиотиков" // Вестник РАН. - 2020. - Т. 90, № 7. - С. 64-73.
4. Трофимова, Е. В. "Методы оценки остаточного количества антибиотиков группы амфениколы в молоке и молочной продукции" // Ветеринария и жизнь. - 2021. - № 2. - С. 35-40.

References

5. Ehsani, A., Hashemi, M., Mohammadi, M., & Hosseini, S. M. "Antibiotic residues in raw and commercial milk in Iran: Prevalence, potential health risks, and dairy practices" // Food Control. - 2023. - Vol. 150. - 109770.
6. Jia, X., Zhang, M., & Guo, Q. "Antibiotic residues in milk and dairy products in China: Occurrence and human health concerns" // Journal of Dairy Science. - 2021. - Vol. 104, No. 10. - pp. 10770-10782.
7. Zhou, X., & Jiang, J. "Review of Antibiotic Residue Detection in Milk by Modern Analytical Techniques" // Food Microbiology. - 2020. - Vol. 85. - Article 103611.
8. Zhu, Y., Wang, H., Zhang, M., & Li, J. "Antibiotic Residues in Dairy Products: Detection Methods, Prevalence, and Regulatory Practices" // ResearchGate. - 2024. - pp. 45-59.

Публикуется на принципах открытого доступа

Published under an open access license

Creative Commons Attribution 4.0 International License.

DOI CrossRef:10.30917/ATT-VK-1814-9588-2025-1-5

УДК 591.4:591.51:616.7:619:636.7

Влияние морфо-антропогенных показателей на риск возникновения повреждений опорно-двигательного аппарата и рабочие качества собак



Гончарова Д.А.

Гончарова Д.А., обучающийся факультета ветеринарной медицины, кинолог, daria.goncharova.vet-anat@mail.ru

Слесаренко Н.А., доктор биологических наук, профессор, slesarenko2009@yandex.ru

Федеральное Государственное Бюджетное Образовательное Учреждение Высшего Образования "Московская Государственная Академия Ветеринарной Медицины и Биотехнологии – МВА имени К.И. Скрябина", г. Москва

Ключевые слова: экстерьер, тип конституции, рабочие качества, опорно-двигательный аппарат, служебные и спортивные собаки, индексы длинных трубчатых костей, асимметрия, этологические особенности.

Резюме. Установлено, что повреждения систем опорно-двигательного аппарата у спортивных и рабочих собак обусловлены интеграционным влиянием совокупности как экзо- так и эндогенных факторов, среди которых биомеханический (гипо- и гиперкинезия), психоэмоциональный, алиментарный, генетический, которые определяют внутривидовые, породные, внутривидовые, половые, возрастные и этологические особенности животных. Анатомическими предпосылками риска возникновения повреждений систем опорно-двигательного аппарата у спортивных и рабочих собак является тип конституции (сырой и нежный), асимметрия, индексы телосложения, а также роста и развития длинных трубчатых костей, отражающие характер их физиологической перестройки. Обнаружено, что тип конституции (сырой и нежный) свидетельствует о направлении селекционно-племенной работы на декоративность экстерьера, а не на функциональную пригодность опорно-двигательного аппарата и рабочие качества животных. Собаки с крепким и сухим типом конституции (сангвиники) отличались большей скоростью, выносливостью и результативностью рабочих показателей, стабильностью и правильностью выполнения упражнений, высокой степенью адаптации, уравновешенности, адекватностью поведенческих реакций и способностью к дифференциации. Выявлен общий феномен врожденной и приобретенной асимметрии (латерализации), тип которой подтверждается установленным

Для цитирования / For citation

Гончарова Д.А. Влияние морфо-антропогенных показателей на риск возникновения повреждений опорно-двигательного аппарата и рабочие качества собак / Д.А. Гончарова, Н.А. Слесаренко // Ветеринария и кормление. – 2025. – №1. – С.23–29.

Goncharova D.A. The influence of morpho-anthropogenic indicators on the risk of damage to the musculoskeletal system and the working qualities of dogs / D.A. Goncharova, N.A. Slesarenko // Veterinaria i kormlenie. – 2025. – #1. – P.23–29.

комплексом морфологических (линейные показатели длинных трубчатых костей) и этологических (двигательное поведение, тип высшей нервной деятельности, преобладающие реакции поведения) показателей.

Введение

В настоящее время очень остро встает проблема о политической, экономической и биологической безопасности Российской Федерации, которую следует рассматривать как приоритетную государственную программу. С этой целью российские профилированные структуры акцентируют свое пристальное внимание на вопросах обеспечения данного вида безопасности для предотвращения возможных провокаций, что также требует более углубленного изучения организма служебных собак для улучшения их физических и рабочих качеств. Экстренных мер восстановления и модернизации требует система служебного собаководства в обеспечении обороноспособности России. Современная методика разведения и отбора служебных собак ведет к деградации всего поголовья и снижению их физических и рабочих качеств. Назрела необходимость проведение зоотехнических мероприятий (бонитировка и смотр-соревнований) с учетом критериев, ориентированных на практическое служебное применение собак, а не на выставочное (декоративное) разведение в условиях импортозамещения.

Известно, что для дрессировки и последующей работы экономически целесообразно отбирать собак, физически и психологически устойчивых к разным видам нагрузок [2, 9, 10]. При помощи специальных тестов для отбора служебных собак выявляют их психические недостатки (трусость, чрезмерная злоба), исключаящие последующую возможность их служебного использования. Показано, что принадлежность собак к типу высшей нервной деятельности определяется не только врожденными свойствами коры головного мозга – силой, уравновешенностью и подвижностью нервных процессов, но также и антропогенным фактором [9, 10]. Нарушение условно-рефлекторной деятельности собак в тренинге связано с расстройством высшей нервной деятельности, которая проявляется в результате морфогенетических преобразований систем организма: непрерывного взаимодействия наследственных и окружающих внешних факторов. Этот факт и послужил основанием для проведения настоящего исследования о влиянии условий внешней среды на тип высшей нервной деятельности собак.

Анализ доступной литературы [1-4, 6, 8, 11, 13, 16, 17, 23] показал слабую освещенность разработки прогностических критериев возможных дезадаптивных проявлений в структурно-функциональном состоянии систем опорно-двигательного аппарата, обусловленных влиянием совокупности как экзо- так и эндогенных факторов.

Материалы и методы исследования

Исследования экстерьерных, этологических и рабочих показателей собак проводили в Московском и 7 других регионах Российской Федерации на базе различных кинологических клубов, кинологического колледжа ФГБОУ ВО МГАВМиБ - МВА им. К.И. Скрябина с 2018-2024 года. Морфологические исследования опорно-двигательного аппарата и статистический анализ полученных данных выполнены в ФГБОУ ВО МГАВМиБ - МВА имени К.И. Скрябина на базе кафедры анатомии и гистологии животных имени А.Ф. Климова и ветеринарных клиник города Москвы.

Использовали комплекс методов:

1. Определение весовых и 25 линейных показателей собак (n=161) в возрасте от 2 до 8 лет, работающих по разным нормативам спортивно-прикладного собаководства, и юниоров (n=35) с применением измерительной палки,

The influence of morpho-anthropogenic indicators on the risk of damage to the musculoskeletal system and the working qualities of dogs

Goncharova D.A., Slesarenko N.A.

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology - MVA named after K.I. Skryabin"

Key words: exterior; type of constitution; working qualities, musculoskeletal system, service and sports dogs, indices of long tubular bones, asymmetry, ethological features.

Abstract. It has been established that damage to the musculoskeletal system in sports and working dogs is due to the integration influence of a combination of both exo- and endogenous factors, including biomechanical (hypo- and hyperkinesia), psychoemotional, alimentary, genetic, which determine the intraspecific, pedigree, intrabreed, sexual, age and ethological characteristics of animals. Anatomical prerequisites for the risk of damage to the musculoskeletal system in sports and working dogs are the type of constitution (raw and tender), asymmetry, physique indices, as well as the growth and development of long tubular bones, reflecting the nature of their physiological restructuring. It was found that the type of constitution (raw and tender) indicates the direction of breeding and breeding work on the decorative appearance, rather than on the functional fitness of the musculoskeletal system and the working qualities of animals. Dogs with a strong and dry type of constitution (sanguine) were distinguished by greater speed, endurance and performance of performance indicators, stability and correctness of exercise, a high degree of adaptation, balance, adequacy of behavioral reactions and the ability to differentiate. A common phenomenon of congenital and acquired asymmetry (lateralization) has been identified, the type of which is confirmed by an established set of morphological (linear indicators of long tubular bones) and ethological (motor behavior, type of higher nervous activity, predominant behavioral reactions) indicators.

ленты и весов с вычислением индексов: грудного, травматичности/тяжеловесности, растянутости (формата), костистости, высоконогости, массивности, длиноголовости, широколобости, перерослости, быстроаллюрности, эйрисомии (широкотелости), латерализации [1, 9, 24].

2. Оценку (n=388) поведения (тип высшей нервной деятельности и латерализации, способность к дифференциации, уравновешенность, адекватность, преобладающие реакции, адаптивность) и рабочие качества (стабильность и правильность выполнения упражнений, понимание задачи, скорость и выносливость, острота чутья и зрения) осуществляли посредством проведения тестов с помощью выполнения специальных приёмов на примере половозрелых клинически здоровых собак различных пород.

3. Анатомическое препарирование (n=38) с последующим функциональным анализом изучаемых структур, макроскопическая морфометрия стилоподия (плечевая и бедренная кости) и зейгоподия (лучевая и большеберцовая кости) с определением весовых и линейных показателей: масса, длина (max), периметр поперечного сечения в середине диафиза с помощью штангенциркуля и весов.

4. Обзорная рентгенография (n=35) и рентгенограмметрия костного остова с определением толщины компакты в середине диафиза латерально и медиально, абсолютной суммарной толщины компакты, поперечного диаметра кости, ширины медуллярного канала. На основании абсолютных значений определяли индексы: массивности, относительной массивности кости, грацильности, остеопороза / развитость компакты, медуллярный указатель, латерализации [5].

Данные обзорной рентгенографии, выполненные ветеринарными специалистами в ведущих ветеринарных клиниках (Центр Травматологии животных, ветеринарная клиника Биоконтроль) на цифровом аппарате "Orange-1060HF" и "IPS Philosophy HF 400" и предоставленные нам для изучения, подвергали дешифровке, которую осуществляли в специализированной программе "RadiAnt". Анализ полученных цифровых данных проводили по общепринятым методикам с использованием программы "Microsoft Excel" [7]. Оценку статистической значимости межгрупповых различий осуществляли с использованием критерия Стьюдента.

Результаты исследования

Установлено, что с увеличением массы тела и высоты в холке (индекс травматичности более 50% и массивности более 130%), экстремально растянутого формата более 130%, уменьшением длины конечностей (индекс высоконогости менее 50%) возрастает риск травмирования опорно-двигательного аппарата у спортивных и рабочих собак, что сопряжено также с породными (Таблица 1 и 2), внутривидовыми (бордер-колли, немецкая и среднеазиатская овчарка и другие, имеются анатомические различия в зависимости от направления разведения: рабочий, спортивный, шоу), возрастными и половыми особенностями животных.

Анализируя средние показатели работы собак по поиску целевых веществ (Таблица 3) в зависимости от процента верных действий и времени обнаружения источника запаха в кейсах (n=7), выявлено, что животные породы бордер-колли, бельгийская и немецкая овчарки (рабочее разведение), имеющие крепкий и сухой типы конституции, показали наиболее высокий и стабильный результат, тогда как худшие показатели обнаружены у собак неустановленной породной принадлежности и ротвейлера с рыхлым типом конституции. Собаки с крепким и сухим типом конституции быстрее и физически менее затратно справлялись с преодолением препятствий, дифференцировкой (апортировка в указанном направлении (лево, центр или право), выборка, посыл с обеганием группы конусов или высыл в указанном направлении (в квадрат), при этом ежедневно изменялось их местоположение, конфигурация и цвет). Собаки с крепким типом конституции (сангвиники) отличались

большой выносливостью, легче адаптировались к смене обстановки, во время выполнения различных тестов оказались наиболее уравновешенными, думающими и адекватными, в работе показывали самые стабильные результаты без перевозбуждения, срывов и торможений, спокойно решали поставленные задачи и предлагали различные варианты.

Обнаружено, что тип конституции (сырой и нежный) определяет степень подверженности систем опорно-двигательного аппарата к повреждениям. Доминирование сырого и нежного типов конституций у исследуемых нами животных свидетельствует о направлении селекционно-племенной работы на декоративность экстерьера, а не на функциональную пригодность опорно-двигательного аппарата и рабочие качества животных (приводит к снижению качественных и количественных рабочих показателей у собак экономические потери ухудшение состояния безопасности РФ.). Собаки с крепким и сухим типом конституции отличались большей скоростью, выносливостью, адекватностью поведенческих реакций и результативностью рабочих показателей.

У собак, находящихся в разных условиях двигательной активности, выявлены рентгено-морфологические адаптационные преобразования длинных трубчатых костей в направлении изменения их абсолютных - длина и масса, и относительных показателей - индекс остеопороза / развитости компакты и медуллярный указатель (Таблица 4).

Уменьшение суммарной абсолютной толщины компактного вещества в середине диафиза, сопровождающееся увеличением медуллярного канала свидетельствует о нарушениях физиологической перестройки кости, приводит к развитию признаков остеопении и остеопороза, что инициирует возникновение травм (переломов) и патологий опорно-двигательного аппарата.

Нельзя исключить, что предпосылками к возникновению и развитию повреждений систем опорно-двигательного аппарата являются условия содержания, кормления и генетическая предрасположенность животных.

Этиопатогенез патологий опорно-двигательного аппарата (например, дисплазия тазобедренного сустава) у собак является, как известно, результатом не только реализации генетической программы (наследуется полигенно), но и совокупностью внешних экологических факторов (двигательная активность, кормление, травмы), что характеризует степень заболевания и его тяжесть [1, 6, 8, 9]. Нами изучена родословная племенного производителя W.M.M. и полученного от него потомства (n=58) в сочетании с разными самками (n=6), при этом установлено, что дисплазия тазобедренного сустава может передаваться от родителей к помету, даже если производители не имеют признаков дис-

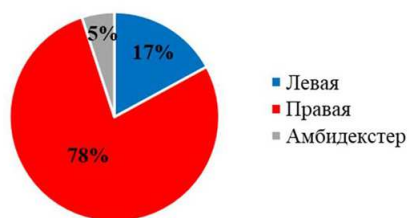


Рис. 1. Процентное соотношение использования толчковой конечности у собаки домашней (n=205)

Pic.1. Percentage of the use of a thrust limb in a domestic dog (n=205)

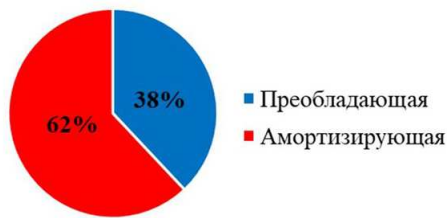


Рис. 2. Процентное соотношение односторонних травм и патологий преобладающей и амортизирующей конечности у спортивных и рабочих собак (n=15)

Pic. 2. The percentage of unilateral injuries and pathologies of the predominant and shock-absorbing limb in sports and working dogs (n=15)

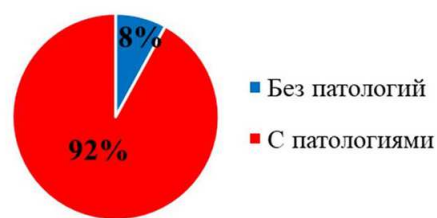


Рис. 3. Процентное соотношение собак с/без остеоартритными изменениями в возрасте старше 8 лет, к которым перед нагрузкой не применялась разминка (n=25)

Pic. 3. Percentage of dogs with/without osteoarthritis changes over the age of 8 years, to which no warm-up was applied before exercise (n=25)

плазии тазобедренного сустава (HD-A), но являются здоровыми носителями её генов.

Вследствие морфогенетических преобразований систем организма, протекающих при непрерывном взаимодействии наследственных и экологических (внешних) факторов, в процессе которых и формируется будущий фенотип, отражающий в конечном счете результат реализации генетической программы морфогенеза в конкретных условиях окружающей внешней среды, патология может протекать с разной симптоматикой.

Нами изучено влияние асимметрии на состояние опорно-двигательного аппарата и рабочие качества животных. Различают 2 вида асимметрии: врожденная (латерализация [5, 12, 15, 16, 18-22]) и приобретенная, которая обусловлена научением (этологическая), односторонними травмами, патологиями, асимметричной нагрузкой и компенсаторными изменениями (структурная). Приобретенная асимметрия опорно-двигательного аппарата может быть разной степенью выраженности и типа - статическая (анатомическое положение тела) и динамическая (движение разными аллюрами и выполнение определенных упражнений).

При оценке двигательного поведения (рис. 1) выявлено, что в 78% случаев собаки использовали в качестве толчковой именно правую тазовую конечность, тогда как левая служила для амортизации (Индекс латерализации составил: -0,6, что отражает наличие правосторонней асимметрии). Обнаружена взаимосвязь между двигательным поведением и морфометрическими показателями длинных трубчатых костей. У собаки домашней установлены анатомо-поведенческие параллели, выражающиеся в опережении функционирования преобладающей стороны во время совершения животным интенсивных локомоторных актов и увеличении

значений соответствующих линейных показателей длинных трубчатых костей.

Тип высшей нервной деятельности (Таблица 5), по нашим данным, также оказывает влияние на этологические особенности псовых и является одним из факторов, определяющих характер латерализации. Собаки с выраженным правосторонним типом латерализации активнее идут на контакт, способны более длительное время держать нагрузку в работе и отличаются большей смелостью и стрессоустойчивостью. Этот тип доминирует у сангвиников, флегматиков и холериков (в тренинге предрасположенных к более частому возникновению повреждений вследствие перевозбуждения) нежели у амбидекстеров и представителей с левосторонним типом латерализации (чаще всего животные из приютов) - меланхоликов, у которых кроме нежелания сотрудничать, также были обнаружены более дикие черты поведения: агрессия, страх, фобия, трусость, отсутствие мотивации и желания сотрудничать с человеком.

Остеоартритные изменения с первоначальным повреждением только одного сустава можно отнести к патологиям с компенсаторно-приобретенным генезом, вследствие асимметричной биомеханической нагрузки (рис. 2). В связи с высокой асимметричной нагрузкой хрящевая ткань сустава подвергается дегенеративным структурным изменениям, что приводит к дискоординации движений суставных головок сочленяющихся костей, вызывающих локальную функциональную перегрузку и изменению рельефа суставных поверхностей. У сильно латерализованных собак старше 5 лет при постоянном нефизиологичном тренинге выявлено, что проекцию большого вертела бедренной кости, к которому прикрепляется ягодичная группа экстензоров тазобедренного сустава становится ниже её головки и способствует возникновению патологии в суставе.

Таблица 1. Средние значения линейных и весовых показателей и их соотношение («Индекс Травматичности») у собак разных пород, $\bar{X} \pm S\bar{X}$

Table 1. The average values of linear and weight indicators and their ratio («Injury Index») dogs of different breeds, $\bar{X} \pm S\bar{X}$

Параметры	Масса тела, кг	Высота в холке, см	Индекс Травматичности, %
Бордер-колли (n=58)	16,50±0,50	50,57±0,53	31,21±0,88
Бельгийская овчарка (n=21)	24,80±0,52	60,74±0,64	40,86±0,82
Немецкая овчарка (n=19)	31,24±1,24	60,62±0,78	51,32±1,61
Среднеазиатская овчарка (n=10)	66,05±3,42	77,15±2,05	85,14±2,68
Вельш-корги-пемброк (n=14)	11,94±0,31	27,53±0,43	43,45±1,12
Лабрадор-ретривер (n=5)	34,00±1,70	56,50±0,97	60,15±2,67
Восточноевропейская овчарка (n=8)	50,81±2,39	67,94±0,98	74,64±2,85
Койкерхондье (n=8)	11,96±0,22	38,50±0,56	31,08±0,49
Русский черный терьер (n=8)	54,00±2,17	74,00±1,82	72,87±1,24
Ховаварт (n=5)	40,40±2,89	67,20±1,93	59,85±2,69
Муди (n=5)	10,66±0,78	43,10±1,35	24,62±1,06

Примечание: Различия между сравниваемыми величинами достоверны ($P \leq 0,05$)

Таблица 2. Средние значения индексов телосложения у собак разных пород, $\bar{X} \pm S\bar{X}$

Table 2. Average values of body indices in dogs of different breeds, $\bar{X} \pm S\bar{X}$

Параметры	Индекс Растянутости	Индекс Высоконогости	Индекс Массивности	Индекс Костистости
Бордер-колли (n=58)	107,7±1,4	61,0±1,2	119,4±1,2	19,9±0,3
Бельгийская овчарка (n=21)	105,9±2,9	60,3±1,5	121,8±1,8	20,4±0,3
Немецкая овчарка (n=19)	114,5±3,8	59,1±1,1	127,8±2,3	22,4±0,2
Среднеазиатская овчарка (n=10)	105,1±1,9	55,4±1,7	136,9±3,6	22,3±0,4
Вельш-корги-пемброк (n=14)	139,8±1,1	39,9±1,0	217,9±2,1	25,6±0,4
Лабрадор-ретривер (n=5)	134,5±2,7	45,2±1,9	136,5±2,6	23,9±0,7
Восточноевропейская овчарка (n=8)	112,4±2,3	52,2±1,8	128,7±2,5	20,6±0,5
Русский черный терьер (n=8)	105,6±3,4	53,2±2,8	125,9±3,7	22,9±0,6

Примечание: Различия между сравниваемыми величинами достоверны ($P \leq 0,05$)

Таблица 3. Средние значения породных отличий собак во время работы по поиску целевых веществ, $\bar{X} \pm S\bar{X}$
Table 3. The average values of the breed differences of dogs during the work on the search for target substances, $\bar{X} \pm S\bar{X}$

Параметры	Верные действия, %	Среднее время обнаружения источника запаха, мин.
Немецкая овчарка (n=11)	89,8±1,8	0,50±0,09
Бельгийская овчарка (n=9)	93,5±1,9	0,40±0,07
Лабрадор-ретривер (n=5)	86,4±2,0	0,60±0,10
Русских охотничий спаниель (n=5)	88,5±1,7	0,50±0,07
Ротвейлер (n=5)	80,3±2,5	0,80±0,10
Бордер-колли (n=9)	93,2±1,5	0,50±0,07
Доберман (n=5)	81,2±2,1	0,70±0,09
Не установленной породной принадлежности (n=5)	65,5±1,9	1,00±0,11
Средний показатель	84,8±1,9	0,60±0,09

Прим.: Различия между сравниваемыми величинами достоверны ($P \leq 0,05$)

Таблица 4. Средние значения индексов роста и развития костей стилоподия в норме (n=8) и при остеопорозе (n=6) у собаки домашней, $\bar{X} \pm S\bar{X}$

Table 4. The average values of the indices of growth and development of stylopodia bones in normal (n=8) and osteoporosis (n=6) in a domestic dog, $\bar{X} \pm S\bar{X}$

Параметры	Индекс Остеопороза / Развитости компакты, %		Индекс Медулярный, %
	Норма		
Плечевая кость	Л	47,35±4,22	8,06±1,71
	П	47,03±6,96	7,81±1,75
Бедренная кость	Л	50,43±5,18	6,61±1,02
	П	49,75±4,22	6,90±1,00
Остеопороз			
Плечевая кость	Л	18,21±2,22	20,93±2,46
	П	19,31±4,58	18,26±3,24
Бедренная кость	Л	14,39±2,59	18,38±2,50
	П	14,23±2,78	17,94±3,43

Примечание: Л – левая конечность, П – правая конечность.
Различия между сравниваемыми величинами достоверны ($P \leq 0,05$)

Признаки повреждений опорно-двигательного аппарата, обусловленные нефизиологичным тренингом: периодическая хромота после нагрузок или отдыха; реакция на дискомфорт при флексии / экстензии, абдукции или ротации в некоторых случаях имеют компенсаторно-приобретенный характер изменений в органах опорно-двигательного аппарата.

Установлено, что антропогенный фактор значительно влияет на развитие и возникновение повреждений опорно-двигательного аппарата у собаки домашней вследствие появления признаков приобретенной асимметрии (односторонние травмы, патологии, асимметричная нагрузка и компенсаторные изменения).

Совокупность антропогенно смоделированных факторов, представленных в таблице 6, инициирует признаки остео-, артро-, тендо- или миопатий, которые в некоторых случаях имеют компенсаторно-приспособительный характер изменений в системах опорно-двигательного аппарата.

Антропогенно смоделированный режим содержания у спортивных и рабочих собак индуцирует возникновения травм и патологий опорно-двигательного аппарата (рис. 3), нервной системы, этологических проблем и снижение качественных и количественных рабочих показателей.

Исходя из вышеизложенного, назрела необходимость грамотного подхода к процессам дрессировки и тренировки собак, в условиях недопущения возникновения повреждения систем организма и функциональной депрессии. Считаем целесообразно использовать наши обобщенные рекомендации для предотвращения травм и патологий опорно-двигательного аппарата и улучшения физических и рабочих показателей у спортивных и рабочих собак, представленные в таблице 7.

Таким образом совокупность антропогенно смоделированных факторов инициирует признаки изменений в системах опорно-двигательного аппарата - сильная асимметричная нагрузка при тренинге, интенсивный динамический режим (перетренированность), чрезмерные ускорения, в условиях небезопасного покрытия или использования неподготовленного к работе (без достаточной физической подготовки и разминки) животного, увеличенная масса тела, невозможность реализации генетического двигательного потенциала, продолжительное вольерное и клеточное содержание выступают в роли биомеханического стрессора в условиях гипокинезии, инициирующего признаки остео-, артро-, тендо- или миопатий, которые в некоторых случаях имеют компенсаторно-приспособительный характер перестройки к неблагоприятным экзогенным условиям.

Заключение

Установлено, что повреждения систем опорно-двигательного аппарата у спортивных и рабочих собак обусловлены интеграционным влиянием совокупности как экзотак и эндогенных факторов, среди которых биомеханический (гипо- и гиперкинезия), психоэмоциональный, алиментарный, генетический, которые определяют внутривидовые, породные, внутривидовые, половые, возрастные и этологические особенности животных.

Анатомическими предпосылками к возникновению травм и патологий опорно-двигательного аппарата у спортивных и рабочих собак является тип конституции, породная характеристика, асимметрия развития костной и мышечной систем, линейные и весовые морфометрические показатели костного остова конечностей, индексы их роста и развития.

Установлено, что с увеличением массы тела и высоты в холке, экстремально растянутого формата с уменьшением длины конечностей, возрастает риск травмирования опорно-двигательного аппарата у спортивных и рабочих собак, что сопряжено также с породными, внутривидовыми, возрастными и половыми особенностями животных.

Тип конституции определяет степень подверженности опорно-двигательного аппарата к повреждениям. Собаки с крепким и сухим типом конституции отличаются высокими скоростными качествами, выносливостью и результативностью рабочих показателей, чем животные с сырым и нежным типом, которые доминировали среди экспериментальных особей, уступая им по рабочим качествам. Это

Таблица 5. Соотношение латерализации к типу высшей нервной деятельности у *Canis lupus familiaris*, %
Table 5. The ratio of lateralization to the type of higher nervous activity in *Canis lupus familiaris*, %

Тип латерализации	Тип высшей нервной деятельности			
	Сангвиник (n=59)	Холерик (n=54)	Флегматик (n=49)	Меланхолик (n=43)
Левосторонний	5,1	18,5	10,2	39,5
Правосторонний	93,2	76,0	87,8	48,9
Амбидекстер	1,7	5,5	2,0	11,6

свидетельствует о приоритете направленности селекционно-племенной работы на декоративность экстерьера, а не на функциональную пригодность опорно-двигательного аппарата и совершенствование рабочих качеств животных.

У собак, находящихся в разных условиях двигательной активности, выявлены рентгено-морфологические адапта-

ционные преобразования длинных трубчатых костей в направлении изменения их абсолютных (длина и масса) и относительных показателей (индекс остеопороза / развитости компакты и медуллярный указатель).

Антропогенно смоделированный режим содержания животных, характеризующийся дефицитом объема двига-

Таблица 6. Причинно-следственные связи повреждений опорно-двигательного аппарата у животных с разной степенью двигательной активностью

Table 6. Causal relationships of damage to the musculoskeletal system in animals with varying degrees of motor activity

Причина	Следствие
Переизбыток двигательной активности (гиперкинезия)	
Сильная асимметричная нагрузка при неправильном тренинге (многократное обегание группы конусов только в одну сторону, асимметричное движение рядом, не учитывание типа латерализации)	1. Односторонние компенсаторные изменения (неравномерный объем мышечной ткани и стирание суставных поверхностей); 2. Ухудшение техники выполнения упражнений.
Интенсивный динамический режим (перетренированность) (многократное повторение упражнения, даже в случае правильного его выполнения ранее)	1. Психоэмоциональный стрессор → 1.1 Этологические реакции и проблемы (нарушение баланса возбуждения / торможения, собаки испытывают перегрузку и выходят из подчинения) → потеря самоконтроля (собака уходит в отказ или начинает разгружаться); 1.2 Внезапная рабочая нестабильность (снижение стабильности в работе и правильности выполнения упражнений, нежелание учить новые элементы); 1.3 Внезапное проявление признаков травмы / патологии в системах опорно-двигательного аппарата (хромота) без внешних воздействий; 2. Постоянные микротравмы одной и той же области (плечевой сустав во время приземления после прыжка через барьер или торможения в динамике) → хронический деформирующий артрит.
Чрезмерные ускорения, тем более если покрытие небезопасное и/или животное физически не подготовлено	1. Микротравмы, вызывающие хроническое воспаление и запускающие деструктивные процессы в суставе; 2. Повышенный экзогенный травматизм систем опорно-двигательного аппарата; 3. Компенсаторные изменения.
Ограниченная двигательная активность (гипокинезия)	
Недостаточная физическая подготовка	1. Микротравмы; 2. Компенсаторные изменения; 3. Повышенный экзогенный травматизм; 4. Ухудшение рабочих показателей – снижение скорости и правильности выполнения упражнений.
Увеличение массы тела	1. Микротравмы; 2. Компенсаторные изменения; 3. Снижение работоспособности - быстрая утомляемость и нежелание выполнять физически сложные и энергозатратные упражнения.
Невозможность реализации генетического двигательного потенциала	1. Атрофия мышц и адаптационная перестройка длинных трубчатых костей; 2. Этологические стресс-реакции; 3. Повышенный экзогенный травматизм; 3. Снижение рабочих показателей (тяжело сконцентрироваться на конкретной умственно трудной задаче и дифференциации).
Продолжительное вольерное и клеточное содержание	1. Односторонние компенсаторные изменения; 2. Снижение рабочих показателей.

Таблица 7. Рекомендации для предотвращения травм и патологий опорно-двигательного аппарата и улучшения физических и рабочих показателей у спортивных и рабочих собак

Table 7. Recommendations for preventing injuries and pathologies of the musculoskeletal system and improving physical and working performance in sports and working dogs

Учитывать индивидуальные особенности животного: 1. Возраст (не нагружать высокими барьерами и резкими динамичными изменениями положений несформировавшихся щенков и юниоров); 2. уровень физической подготовки (симметричная развитость мышечной ткани); 3. этологические особенности (возбуждение); 4. генетическую программу; 5. анатомические особенности.	Для всех: 1. Обязательно перед работой проводить разминку и после - заминку собаки; 2. Работать на безопасном покрытии (ровном, нескользком, нетвердом), обеспечивающим хорошее сцепление и амортизацию; 3. Не допускать перетренированности; 4. В свободное от тренировок и соревнований время заниматься фитнесом для стимуляции развития мышечного объема, компенсирующего недостаточность асимметричного развития, выносливости и координации (кинезиотерапия при помощи различных балансирующих поверхностей, кавалетти и гидротерапия) – стремиться к симметрии; 5. Перед и после соревновательного сезона проводить диспансеризацию для выявления патологии на начальной стадии; 6. Для улучшения амплитуды движения суставов применять различные методы мануальной терапии (массажи); 7. Проводить корректирование рациона питания (при необходимости вводить специальные подкормки).
--	--

тельной активности (гипокинезия) или наоборот его переизбытком (гиперкинезия), индуцирует возникновение травм и патологий опорно-двигательного аппарата, нервной системы, этологических проблем, и у особей в тренинге – снижение работоспособности.

Асимметрия – врожденная (латерализация) и приобретенная, один из факторов возникновения повреждений систем опорно-двигательного аппарата, что инициирует развитие в них компенсаторных изменений.

Полученные данные являются базовыми для разработки программ тренировок, улучшающих физические и рабочие качества у спортивных и рабочих собак. Они могут служить эталонными при оценке экстерьера и отбора собак для пригодности к определенному виду спорта или службы. Полученные сведения целесообразно рекомендовать для использования в селекционно-племенной работе в условиях импортозамещения служебного и спортивного поголовья, а также при реализации образовательных программ 36.05.01 "Ветеринария" и 36.02.05 (35.02.15) "Кинология".

Литература

1. Блохин Г.И., Блохина Т.В., Бурова Г.А., Гладких М.Ю. и др. Кинология: Учебник. - 4-е изд., стер. - СПб.: Издательство "Лань", 2018. - 376 с.
2. Гаврилин В.А. Разрушение советского наследия: служебное собаководство - М., 2016. - 336 с.
3. Гончарова Д.А. Конституциональные признаки как фактор риска возникновения и развития травм и патологий опорно-двигательного аппарата у спортивных и рабочих собак / Д.А. Гончарова, Н.А. Слесаренко // Современные проблемы аграрной науки и пути их решения: Материалы Всероссийской научно-практической конференции имени Заслуженного деятеля науки КБР, почетного работника виноградарской и винодельческой отраслей Ставропольского края, академика МАНЭБ, д. с.-х. н., профессора М.Н. Фисуна. Нальчик: ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ, 2023. - С. 353-355
4. Гончарова Д.А. Интенсивный динамический режим как фактор риска развития патологий опорно-двигательного аппарата у спортивных и рабочих собак / Д.А. Гончарова, Н.А. Слесаренко // материалы XII международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной 215-летию СПбГУВМ. Санкт-Петербург. 2023. - С. 92-93.
5. Гончарова Д.А. Морфологическая латерализация у представителей семейства Canidae (Canis lupus и Canis lupus familiaris) / Д.А. Гончарова, Н.А. Слесаренко, В.А. Иванцов // Иппология и ветеринария. - 2022. - № 3 (45). - С. 179-187.
6. Мортелларо К.М., Петаццини М., Веццони А. Ортопедия собак. Атлас "VOA". Диагностический подход с учетом породной предрасположенности. - Пер. с итальянского А. Кухарской / Под редакцией И. Вилковьского. - М.: Издательство Аквариум, 2017. - 104 с.
7. Слесаренко Н.А. Методология научного исследования / Н.А. Слесаренко и [др.]; под ред. Н.А. Слесаренко. - СПб.: Лань, 2021. - 268 с.
8. Сотская М.Н., Московкина Н.Н. Генетика и наследственные болезни собак. - М.: Издательство Аквариум, 2021. - 288 с.
9. Шкляревский С.Е., Самыгин Ф.И., Гудкова Е.Н. Учебник специалиста-кинолога органов внутренних дел. - Ростов-на-Дону: Фолиант, 2003. - 592 с.
10. Фаритов Т.А., Хазиахметов Ф.С., Платонов Е.А. Практическое собаководство: Учебное пособие. - 4-е изд. - СПб.: Издательство "Лань", 2018. - 448 с.
11. Arielle Pechette Markley Internet Survey of Risk Factors Associated With Training and Competition in Dogs Competing in Agility Competitions / Arielle Pechette Markley, Abigail B Shoben, Nina R Kieves // Front Vet Sci. 2022. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.791617>
12. Daria Goncharova Behavioral Lateralization in Members of the Canidae Family (Canis Lupus and Canis Lupus Familiaris) / Daria Goncharova, Natalia Slesarenko, Vyacheslav Ivantsov, Alexander Vlasenko // AIP Conference Proceedings. 2023
13. Goncharova D. A. Intensive dynamic mode as a risk factor for the development of pathologies of the musculoskeletal system in sports and working dogs / D. A. Goncharova, N. A. Slesarenko, O. V. Chuprakova // 2024. - P. 837-839.
14. Kimberley L Cullen Survey-based analysis of risk factors for injury among dogs participating in agility training and competition events / Kimberley L Cullen, James P Dickey, Leah R Bent, Jeffrey J Thomason, Noel M M Moens // J Am Vet Med Assoc. 2013. <https://doi.org/10.2460/javma.243.7.1019>

15. Lisa M. Tomkins Lateralization in the domestic dog (Canis familiaris): Relationships between structural, motor, and sensory laterality / L. M. Tomkins, K.A. Williams, P.C. Thomson, P.D. McGreevy // Journal of Veterinary Behavior. 2012. - P.: 30-39. <https://doi.org/10.1016/j.jveb.2011.07.001>

16. Leena Inkil? Part II of Finnish Agility Dog Survey: Agility-Related Injuries and Risk Factors for Injury in Competition-Level Agility Dogs / Leena Inkil?, Heli K Hyyti?inen, Anna Hielm-Bj?rkman, Jouni Junnila, Anna Bergh, Anna Bostr?m // Animals (Basel). 2022. <https://doi.org/10.3390/ani12030227>

17. Matthew W. Brunke Musculoskeletal Problems in Sporting Dogs / Matthew W. Brunke, David Levine, Denis J. Marcellin-Little, Jennifer A. Barnhard // Advances in Small Animal Care Volume 4, Issue 1, November 2023. Pages 53-60. <https://doi.org/10.1016/j.yasa.2023.05.008>

18. Miros?aw Karpi?ski Effect of Stroking on Serotonin, Noradrenaline, and Cortisol Levels in the Blood of Right- and Left-Pawed Dogs / Miros?aw Karpi?ski, Katarzyna Ognik, Aleksandra Garbiec, Piotr Czy?owski, Magdalena Krauze // 2021. <https://doi.org/10.3390/ani11020331>

19. Schneider L.A. Temperament and lateralization in the domestic dog (Canis familiaris) / L.A. Schneider, P.H. Delfabbro, N.R. Burns // Journal of Veterinary Behavior: Clinical Applications and Research. 2013. - P.: 124-134. <https://doi.org/10.1016/j.jveb.2012.06.004>

20. Shanis Barnard Association between lateral bias and personality traits in the domestic dog (Canis familiaris) / Shanis Barnard, Deborah L. Wells, Peter G. Hepper, Adam D.S. Milligan // Comparative Psychology. 2017. - P.: 246-256. <https://doi.org/10.1037/com0000074>

21. Wells D.L. Cognitive bias and paw preference in the domestic dog (Canis familiaris) / Deborah L. Wells, Peter G. Hepper, Adam D.S. Milligan, Shanis Barnard // Comparative Psychology. 2017. - P.: 317-325. <https://doi.org/10.1037/com0000080>

22. Wells D.L. Stability of motor bias in the domestic dog, Canis familiaris / Deborah L. Wells, Peter G. Hepper, Adam D.S. Milligan, Shanis Barnard // Behavioural Processes. 2018. - P.: 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.beproc.2018.01.012>

23. Wendy I Baltzer Sporting dog injuries April 2012 VETERINARY MEDICINE dvm360.com

24. Zink Christine Peak Performance: Coaching the Canine Athlete. Baltimore. United book press. MD, 1997. С. 221.

References

1. Blokhin G.I., Blokhina T.V., Burova G.A., Gladkikh M.Yu., etc. Cynology: Textbook. - 4th ed., revised. - St. Petersburg: Lan Publishing House, 2018. - 376 p.
2. Gavrilin V.A. The destruction of the Soviet heritage: service dog breeding - M., 2016. - 336 p.
3. Goncharova D.A. Constitutional signs as a risk factor for the occurrence and development of injuries and pathologies of the musculoskeletal system in sports and working dogs / D.A. Goncharova, N.A. Slesarenko // Modern problems of agrarian science and ways to solve them: Materials of the All-Russian scientific and practical conference named after the Honored Scientist of the CBD, honorary worker viticultural and winemaking industries of the Stavropol Territory, academician of the MANEB, Doctor of Agricultural Sciences, Professor M.N. Fisun. Nalchik: Federal State Budgetary Educational Institution of Kabardino-Balkarian State University, 2023. - pp. 353-355
4. Goncharova D.A. Intensive dynamic regime as a risk factor for the development of pathologies of the musculoskeletal system in sports and working dogs / D.A. Goncharova, N.A. Slesarenko // Proceedings of the XII International scientific conference of students, postgraduates and young scientists dedicated to the 215th anniversary of the St. Petersburg State University of Veterinary Medicine. St. Petersburg. 2023. - pp. 92-93.
5. Goncharova D.A. Morphological lateralization in representatives of the family Canidae (Canis lupus and Canis lupus familiaris) / D.A. Goncharova, N.A. Slesarenko, V.A. Ivantsov // Hippology and veterinary medicine. - 2022. - № 3 (45). - Pp. 179-187.
6. Mortellaro K.M., Petazzoni M., Vezzoni A. Orthopedics of dogs. Atlas "VOA". A diagnostic approach taking into account the breed predisposition. - Translated from the Italian by A. Kuharskaya / Edited by I. Vilkovisky. - M.: Aquarium Publishing House, 2017. - 104 p.
7. Slesarenko N.A. Methodology of scientific research / N.A. Slesarenko and [others]; edited by H.A. Slesarenko. - St. Petersburg: Lan, 2021. - 268 p.
8. Sotskaya M.N., Moskovkina N.N. Genetics and hereditary diseases of dogs. - M.: Aquarium Publishing House, 2021. - 288 p.
9. Shklyarevsky S.E., Samygin F.I., Gudkova E.N. Textbook of a specialist dog handler of internal affairs bodies. - Rostov-on-Don: Folio, 2003. - 592 p.
10. Faritov T.A., Khaziakhmetov F.S., Platonov E.A. Practical dog breeding: Study guide. - 4th ed. - St. Petersburg: Lan Publishing House, 2018. - 448 p.

Публикуется на принципах открытого доступа
Published under an open access license
Creative Commons Attribution 4.0 International License.

DOI CrossRef:10.30917/ATT-VK-1814-9588-2025-1-6
УДК: 637.07/62

Закономерности накопления и распределения свинца в органах и тканях овец при хроническом поступлении с рационом в различных концентрациях



Губарева О.С.

Губарева О.С., кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, gosolga56@mail.ru
Исамов Н.Н., кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, nizjimis@yandex.ru
Цыгвинцев П.Н., кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, paul-gomel@mail.ru
Мирзоев Э. Б., доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник mirzoev.ed@yandex.ru
Федеральное государственное бюджетное учреждение "Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии Национального исследовательского центра "Курчатовский институт" (НИЦ "Курчатовский институт" – ВНИИРАЭ) Калужская область, г. Обнинск

Ключевые слова: техногенное загрязнение, тяжелые металлы, свинец, овцы, мясо, шерсть, фекалии.

Резюме. Целью наших исследований было изучить закономерности накопления и распределения свинца в органах и тканях овец при хроническом поступлении с рационом в различных концентрациях и на основе полученных результатов предложить прижизненный метод для определения содержания свинца в мясе. В ходе проведенных экспериментов впервые получены новые данные о накоплении и распределении свинца в органах и тканях половозрелых овец романовской породы при хроническом поступлении с рационом в концентрациях 5, 25 и 150 мг/кг корма. Показано, что поступление свинца с рационом в организм

Для цитирования / For citation

Закономерности накопления и распределения свинца в органах и тканях овец при хроническом поступлении с рационом в различных концентрациях/
Губарева О.С. [и др.] // Ветеринария и кормление. – 2025. – №1. – С.30–33.
Patterns of Lead Accumulation and Distribution in Organs and Tissues of Sheep at Chronic Dietary Intake at Various Concentrations Gubareva O.S. [et al.] // Veterinaria i kormlenie. – 2025. – #1. – P.30–33.

Patterns of Lead Accumulation and Distribution in Organs and Tissues of Sheep at Chronic Dietary Intake at Various Concentrations

Gubareva O.S., Isamov N.N.,
Tsygvintsev P.N., Mirzoev E.B.

Russian Institute of Radiology and Agroecology of National Research Centre "Kurchatov Institute" (NRC "Kurchatov Institute" - RIRAE), Obninsk, Kaluga region

Key words: pollution, heavy metals, lead, sheep, meat, wool, excrements.

Abstract. The main aim of our study was to examine the patterns of lead accumulation and distribution in the organs and tissues of sheep subjected to chronic dietary intake at various concentrations, and, based on the findings, suggest an in vivo method for determining lead content in meat. The conducted experiments have yielded new data on the accumulation and distribution of lead in the organs and tissues of sexually mature Romanov sheep, following chronic dietary intake at concentrations of 5, 25, and 150 mg/kg of feed. It was shown that the ingestion of lead in the diet of sheep over a 90-day period results in a notable increase in its concentration in various organs (liver, kidneys, spleen, heart, and lungs) as well as in bone and muscle tissues. The ranking of deposition intensity in organs and tissues is as follows: femur > rib > kidneys > tail vertebra > liver > wool > spleen > skin > lungs > muscles ≥ heart.

In the case of muscle tissue and wool, the accumulation limit is reached by the 30th day of lead intake, while other organs and tissues do not reach maximum accumulation within the 90-day experiment. The lead content in the muscles, heart, and lungs of the experimental animals did not increase by more than three times the initial level. It has been determined that the levels of lead in the liver and kidneys have exceeded the sanitary and hygienic standards outlined in SanPiN 2.3.2.1078-01. It is important to note that this contamination did not impact the maximum allowable levels of feed contamination on the live weight dynamics of sheep, nor did it affect the organoleptic properties of the meat and offal. The similar pattern of lead accumulation in the muscles, wool, and excrement of sheep enables us to propose a method for in vivo assessment of Pb content in meat. The concentration of lead in meat has a direct relationship with its accumulation in wool, following a simple exponential dependency on the dietary intake.

овец в течение 90 суток исследования приводит к увеличению его концентрации в органах (печень, почки, селезенка, сердце, легкие) и тканях костей, мышц, а по интенсивности депонирования органы и ткани располагаются в следующем порядке:

бедренная кость > ребро > почки > хвостовой позвонок > печень > шерсть > селезенка > кожа > легкие > мышцы ≥ сердце.

В мышечной ткани и шерсти предел накопления достигается к 30 сут. поступления свинца, в отличие от других органов и тканей, где максимальное накопление так и не было достигнуто за 90 сут. эксперимента. Рост содержания свинца в мышцах, сердце и легких подопытных животных не превысил 3 раз от исходного уровня. Установлено превышение санитарно-гигиенических нормативов СанПиН 2.3.2.1078-01 по свинцу в печени и почках при отсутствии влияния максимально допустимых уровней загрязнения кормов на динамику живой массы овец, органолептические показатели мяса и субпродуктов. Сходный характер накоп-

ления свинца в мышцах, шерсти и кале овец позволяет предложить прижизненный метод определения содержания Pb в мясе. Отношение содержания свинца в мясе к его уровню накопления в шерсти имеет простую показательную зависимость от содержания в рационе.

Введение

В организм животных свинец, в основном, поступает с кормом и водой. В желудочно-кишечном тракте (ЖКТ) животных происходит измельчение и ферментативное расщепление корма, в результате чего металл переходит в состояние доступное для усвоения. Всасывание свинца в ЖКТ контролируется нервной и эндокринной системами и осуществляется путем пассивной диффузии, активного транспорта, пиноцитоза и эндоцитоза. Процесс всасывания зависит от проницаемости мембраны эпителиальных клеток кишечника, и на её интенсивность оказывают влияние физико-химические свойства соединений свинца (размер частиц, минералогический состав, растворимость соединения в жидкой среде ЖКТ) и физиологические особенности организма (обмен веществ, живая масса, возраст, пол, беременность, лактация), а также состав рациона и содержание в нем кальция, цинка, железа, марганца и витамина Д.

Из организма животных свинец выводится с фекалиями и мочой, а также через шерсть, молоко, потовые железы и плод. Основное количество металла, поступившего в ЖКТ, проходит "транзитом" с фекалиями.

Общее количество свинца в организме можно разделить на медленно и быстро обменивающиеся части. Медленно обменивающаяся часть находится в костной ткани, где содержание металла возрастает в течение всей жизни и составляет 80–90%. Другая часть металла, которая быстрее включается в обменные процессы, локализуется, главным образом, в почках (8,29%) и печени (2,2%), а также в периферической крови (1%) [3]. Необходимо подчеркнуть, что в клетках красной крови обнаруживают практически 99% свинца, который транспортируется эритроцитами.

Таким образом, анализ литературных данных выявил закономерности поступления, распределения и выведения свинца из организма млекопитающих. В периферической крови свинец транспортируется белками плазмы крови и эритроцитами и накапливается, в основном, в печени, почках и костной ткани. Токсическое действие свинца в органах и тканях характеризуется снижением количества клеток. Уменьшение числа жизнеспособных клеток до определенного критического уровня приводит к нарушению функций органов.

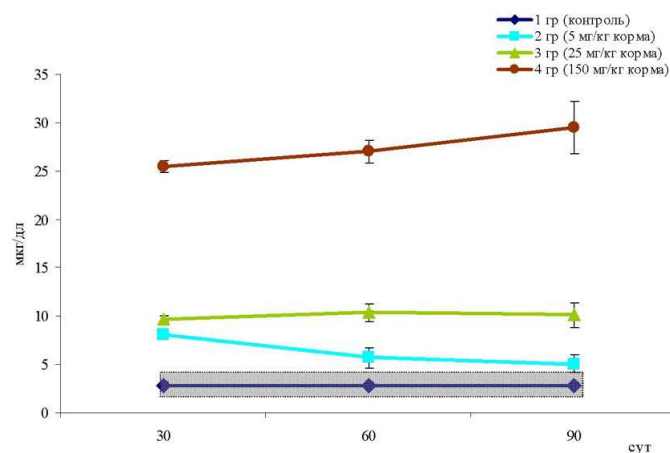


Рис.1. Содержание свинца в периферической крови овец при хроническом поступлении с рационом

Fig. 1. Lead content in the peripheral blood of sheep in chronic intake with the diet

Материалы и методы

Эксперимент проведен на клинически здоровых овцах романовской породы, живой массой $33,0 \pm 1,1$ кг, в возрасте 1,5 лет. Изучали зоотехнические и ветеринарно-санитарные показатели. Содержание, кормление и уход за животными осуществляли в соответствии с требованиями "Правил проведения работ с использованием экспериментальных животных" (Приказ Минздравсоцразвития России от 23.08.2010 г. №708).

Овец содержали в условиях вивария, кормили 2 раза в сутки при свободном доступе к воде. Рацион включал 0,3 кг комбикорма и 2 кг сена разнотравного. Рецепт комбикорма в %: ячмень – 44; пшеница – 41,4; шрот подсолнечный – 11,7; соль поваренная – 1; обесфторенный фосфат – 1; премикс – 1. Состав сена в %: сырое вещество – 87,9; жир – 2,26; клетчатка – 32,6; зола – 4,26; протеин – 8,89.

Животные были разделены на четыре группы: 1 (контроль) – 4 головы, 2 – 5 голов, 3 и 4 по 9 голов (таблица 1). Концентрация нитрата свинца в рационе составляла для животных второй группы – 1 МДУ (5 мг/кг), третьей – 5 МДУ (25 мг/кг), четвертой – 30 МДУ (150 мг/кг) [1,2]. Нитрат свинца задавали с комбикормом один раз в сутки с учетом количества корма (в среднем 2 кг), поступающего в ЖКТ. Для этого 100 г. комбикорма смешивали с 50 мл раствора нитрата свинца определенной концентрации. При этом суточная концентрация металла на гол. для овец 2 группы составила 10 мг, 3 – 50 мг, 4 – 300 мг, а доза воздействия, соответственно, – 0,3; 1,5 и 9 мг/кг веса.

Взвешивание овец, отбор проб крови, шерсти и фекалий (среднее по группе) осуществляли до кормления на 30, 60 и 90 сутки интоксикации. Органы (печень, почки, селезенка, сердце, легкие), ткани разных отделов ЖКТ и костей отбирали после убоя животных: перед началом эксперимента – до затравки (1 голова), на 30 и 60 сутки (1 из 2 и по 3 из 3 и 4 групп), на 90 сутки (по 3 головы).

Живую массу животных и органов при убое определяли по ГОСТу 52843-2007. Отбор проб компонентов рациона, мышц, внутренних органов, костной ткани, шерсти и кожи осуществляли в соответствии с "МУ 2009". Качество мяса (ГОСТ 7269-2015, 23392-2016; 26889-86) определяли по органолептическим показателям (прозрачность и аромат бульона, внешний вид, цвет, консистенция и запах) и физико-химическим методам (продукты первичного распада белков в бульоне, общий азот, pH мяса, реакция на сероводород).

Минерализацию растительных образцов и биоматериалов животного происхождения проводили по ГОСТ 26929-94. Содержание тяжелых металлов в кормах, мышечной и костной ткани, внутренних органах овец определяли в испытательной лаборатории ВНИИРАЭ атомно-абсорбционным методом на плазменно-эмиссионном спектрометре "Liberty II" фирмы Varian. Содержание свинца (Pb) в крови и тканях органов овец определяли атомно-эмиссионным методом на приборе Liberty AX Sequential ICP-AES фирмы Varian после растворения зольного осадка [5]. Статистическая обработка полученных данных была реализована на основе Программы MS Excel XP.

Результаты исследований

В ходе проведения исследований установили, что поступление свинца с рационом в организм овец в течение 90 суток исследования приводит к увеличению его концентрации в периферической крови, органах (печень, почки, селезенка, сердце, легкие), тканях костей, мышц и в стенках ЖКТ. Содержание свинца в периферической крови интактных животных в течение 90 сут. исследования варьировало и в среднем составило $3,2 \pm 0,8$ мкг/дл (рис. 1). В то же время у овец 2 группы, отмечали увеличение величины показателя

относительно контроля и исходных данных. На 30 сут. интоксикации содержание свинца в периферической крови выросло в 2 раза и составило $6,7 \pm 1,12$ мкг/дл ($p < 0,05$). Оставаясь практически на том же уровне в последующие сроки исследования (60 и 90 сут.), концентрация элемента равнялась, соответственно, $5,7 \pm 0,5$ мкг/дл ($p < 0,05$) и $6,14 \pm 1,10$ мкг/дл ($p < 0,05$). С ростом уровня поступления поллютанта регистрировали достоверные различия значений в течение всего срока наблюдения.

У животных 3 и 4 групп наблюдали аналогичную картину. В 3 группе содержание металла в периферической крови на 30 сут. увеличилось в 3,4 раза, составив $11,0 \pm 0,6$ мкг/дл. Сохранившись примерно в этих же пределах через 60 сут. – $10,4 \pm 1,5$ мкг/дл и для 90-х сут. – $10,1 \pm 1,3$ мкг/дл, содержание свинца стабилизировалось. Максимальные значения показателя отмечали у животных, которые с рационом получали 150 мг/кг корма (30 МДУ). Увеличившись более, чем в 8 раз, на 30 сут. интоксикации величина показателя составила $26,4 \pm 1,9$ мкг/дл ($p < 0,05$), 60 сут. – $27,0 \pm 7,1$ мкг/дл ($p < 0,05$), 90 сут. – $29,5 \pm 2,8$ мкг/дл ($p < 0,05$).

Определение содержания свинца в органах овец выявило следующие особенности. В ходе проведения эксперимента обнаружили, что через 90 суток у овец 4 группы наиболее высокие концентрации Pb наблюдаются костной ткани и паренхиматозных тканях, а по интенсивности депонирования органы и ткани располагаются в следующем порядке: бедренная кость > ребро > почки > хвостовой позвонок > печень > шерсть > селезенка > кожа > легкие > мышцы > сердце.

В течение всего срока исследований картина распределения свинца в организме овец других групп животных была неоднородной и характеризовалась флуктуационностью на протяжении всего периода исследований. Вместе с тем основным депо поллютантов оставались костная ткань, почки и печень.

В печени контрольных животных концентрация свинца составила $0,14 \pm 0,02$ мг/кг. У овец 2 группы наблюдали достоверное увеличение величины показателя на 30 суток в 2,8 раза, 60 суток в 6,1 раз и 90 суток в 4 раза. У овец 3 группы содержание свинца в печени возрастало на 30 суток в 5 раз ($p > 0,05$), 60 суток в 12 раз ($p < 0,05$) и 90 сут. в 8,7 раза ($p < 0,05$). Наибольшее количество элемента регистрировали в печени животных 4 группы. Через 30 суток исследований содержание свинца составило $4,7 \pm 0,06$ мг/кг ($p < 0,05$), 60 суток – $5,8 \pm 1,3$ мг/кг ($p < 0,05$) и 90 суток – $4,9 \pm 1,7$ мг/кг ($p < 0,05$), что превышало контрольные значения в 33,7; 41,4 и 35,3 раза, соответственно.

В почках контрольных животных уровень свинца был

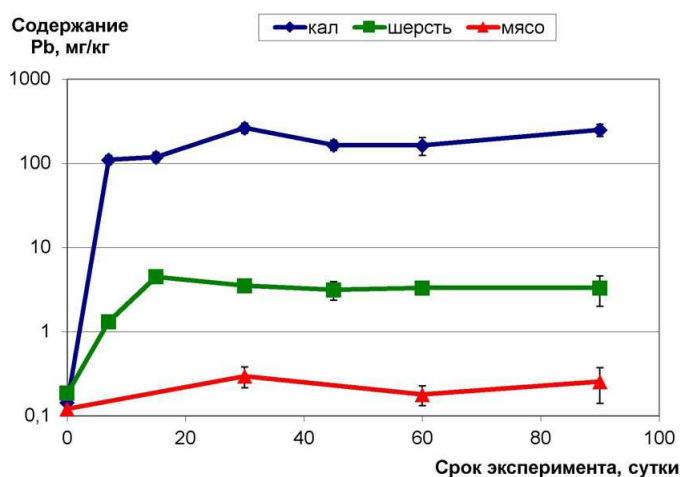


Рис. 2. Содержание свинца в мясе, шерсти и фекалиях
Fig. 2. Lead content in meat, wool and feces

выше, чем в печени и составил $0,3 \pm 0,15$ мг/кг. Хроническое поступление металла в организм овец приводило к увеличению его концентрации в органе. Так, у животных 2 группы содержание свинца возрастало в 1,8–2,5 раза, а 3 группы – в 3,4–5,2 раза. Максимальное количество металла регистрировали в почках овец 4 группы на 90 сутки интоксикации, что составило $68,6 \pm 26,3$ мг/кг ($p < 0,05$).

В селезенке концентрация свинца была ниже, чем в печени и почках и составила $0,11 \pm 0,02$ мг/кг. С увеличением уровня свинца в рационе регистрировали более высокие значения показателя в органе. Так, у овец 2 группы в зависимости от срока интоксикации содержание свинца возросло до 3 раз, а 3 группы – максимально до 5 раз. Наибольшее количество металла отмечали в селезенке животных 4 группы. На 90 сутки исследования концентрация свинца в органе составила $1,10 \pm 0,09$ мг/кг ($p < 0,05$).

На фоне постоянного увеличения концентрации загрязнителя в паренхиматозных органах, в сердце и мышцах не наблюдали подобной картины. Рост содержания свинца в мышцах, сердце и легких не превысил 3 раз от исходного уровня. Следует отметить, что в мышцах, сердце и легких овец подопытных групп на протяжении всего исследования уровень загрязнения свинцом не превышал нормативные требования. Исключение составили печень и почки, превышение которых в различные сроки исследований доходило от 3 до 86 раз.

В мышечной ткани контрольных животных уровень содержания свинца был выше, чем в сердце и составил $0,17 \pm 0,003$ мг/кг. Хроническое поступление металла в организм овец приводило к некоторому увеличению его концентрации в органе. При этом, у подопытных животных 2 и 3 групп содержание свинца было сопоставимо со значениями интактных животных. Максимальное количество металла регистрировали в мышцах овец 4 группы на 90 сутки интоксикации, что составило $0,36 \pm 0,02$ мг/кг ($p < 0,05$). Кратность различий по сравнению с исходными значениями составила 2,1 раза.

При этом в мышечной ткани и шерсти предел накопления достигается к 30 суткам поступления свинца, в отличие от других органов и тканей, где максимальное накопление так и не было достигнуто за 90 суток эксперимента.

Показано, что в подопытных группах овец, получавших различные дозы свинца с рационом, в пробах фекалий прослеживается закономерное увеличение его содержания на 90 сутки от начала эксперимента. До начала исследований во всех группах содержание свинца в фекалиях было в пределах $0,07$ – $0,14$ мг/кг, на 90 сутки во второй группе его содержание увеличилось до 7,5 (53 раза), а в третьей и четвертой группах – до 38,8 и 255 мг/кг, соответственно.

По данным отечественных и зарубежных авторов [6, 7] следует, что поступление тяжелых металлов в организм молодых животных и накопление их в исследуемых органах и ткани зависит от возраста животных. Аккумуляция свинца у баранчиков 6-месячного возраста была незначительной в почках $0,50 \pm 0,05$; печени $0,56 \pm 0,03$; легких $0,53 \pm 0,01$; сердце $0,53 \pm 0,02$; мышцах $0,42 \pm 0,02$. Однако уже в 12-месячном возрасте содержание их превысило предельно допустимый уровень, и составило соответственно по органам: $0,90 \pm 0,07$; $1,07 \pm 0,07$; $0,93 \pm 0,07$; $0,71 \pm 0,08$; $0,57 \pm 0,07$ [4]. При сопоставимом уровне поступления (5 мг/кг Pb на голову в сутки) у овец II группы наблюдали практически аналогичную картину распределения поллютанта в органах и тканях, однако уровни их загрязнения в наших исследованиях были ниже.

Содержание свинца в шерсти интактных животных составило $0,19 \pm 0,02$ мг/кг. У овец 2 группы обнаружили достоверное увеличение показателя на 30 – 60 суток в 2,0

раза и на 90 сутки в 5,3 раза. У овец 3 группы наблюдали аналогичную картину в течение 60 суток концентрация свинца в шерсти выросла до 3 раз, после чего через 90 суток наступило увеличение его содержания в 4 с лишним раза по сравнению с контрольными значениями ($p < 0,05$). Наибольшее количество элемента в этом органе регистрировали у животных 4 группы. Через 30 суток исследований содержание свинца составило $3,2 \pm 0,2$ мг/кг, и сохранялось на этом уровне в течение всего периода наблюдений. Кратность различий по сравнению с исходными значениями контрольной группы животных составила более 17 раз.

Сходный характер накопления свинца в мясе и шерсти овец позволяет предложить экспресс-метод для определения содержания свинца в мясе, основываясь на его содержании в шерсти и кале (рис. 2). Определить содержание свинца в рационе овец при свободном выпасе затруднительно, однако его содержание в кале прямо пропорционально содержанию в рационе.

Отношение содержания свинца в мясе к его уровню накопления в шерсти имеет простую показательную зависимость от содержания в рационе. Таким образом, для экспрессного определения содержания свинца в мясе овец, производят отбор проб шерсти и фекалий. Расчет концентрации в мясе осуществляется по формуле:

$$C_m = C_w \times 0,33 \times C_e^{-0,304}$$

где: C_m – содержание Pb в мясе, мг/кг;

C_w – содержание Pb в шерсти, мг/кг;

C_e – содержание Pb в кале, мг/кг.

Заключение

В ходе проведенных исследований впервые получены результаты по распределению и накоплению свинца в органах, тканях и фекалиях половозрелых овец в условиях его хронического поступления в разных концентрациях с рационом. Длительное поступление свинца с рационом в организм овец в концентрациях 5, 25 и 150 мг/кг корма в течение 90 суток приводит к увеличению его концентрации в крови с последующим распределением и депонированием в исследуемых органах (печень, почки, селезенка, сердце, легкие), костной и мышечной тканях, а также в стенках отделов ЖКТ. Содержание свинца в крови овец зависит от величины суточного поступления, интенсивности всасывания металла в ЖКТ и его метаболизма в организме. На основе полученных результатов выделены критические органы и ткани максимального депонирования свинца в организме животных. Наиболее высокие концентрации Pb у овец подопытных групп наблюдаются в костной ткани и паренхиматозных тканях, а по интенсивности депонирования органы и ткани располагаются в следующем порядке: бедренная кость > ребро > почки > хвостовой позвонок > печень > шерсть > селезенка > кожа > легкие > мышцы > сердце. На фоне постоянного увеличения концентрации загрязнителя в паренхиматозных органах, в сердце и мышцах не наблюдали подобной картины. Рост содержания свинца в мышцах, сердце и легких подопытных животных не превысил 3 раз от исходного уровня. Установлено превышение санитарно-гигиенических нормативов по свинцу только в печени и почках при отсутствии влияния максимально допусти-

мых уровней загрязнения кормов на клинические, гематологические показатели здоровья и динамику живой массы овец. Хроническое поступление нитрата свинца с рационом в концентрациях 5, 25 и 150 мг/кг корма приводило к увеличению содержания металла в тканях стенок ЖКТ. У контрольных и опытных животных наибольшее содержание свинца регистрировали в сычуге, что связано с его физиологическими функциями.

Таким образом, выявлены закономерности и определены параметры накопления, распределения и выведения свинца из организма при хроническом поступлении с рационом в разных концентрациях. В зависимости от уровня поллютанта в рационе и продолжительности его поступления в организм овец наблюдали нелинейный характер изменений накопления, распределения и выведения токсиканта с фекалиями.

На основе закономерностей распределения и накопления свинца в мышечной ткани и шерсти овец при хроническом поступлении с рационом, а также выведения его из организма с фекалиями разработан метод прижизненного определения металла в мышечной ткани. Полученные данные могут быть использованы при проведении экологотоксикологического мониторинга, нормировании содержания свинца в компонентах рациона для сельскохозяйственных животных, а также при ведении животноводства в условиях техногенного загрязнения территорий с целью получения продуктов питания (мясо, молоко), соответствующих санитарно-гигиеническим нормативам.

Литература

1. Временный максимально-допустимый уровень (МДУ) содержания некоторых химических элементов и госсипола в кормах для сельскохозяйственных животных и кормовых добавках. Утвержден Главным управлением ветеринарии Госагропрома СССР №123-4/281-87 от 07.08.87 г. 1987.
2. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПин 2.3.2.1078-01. М.: Минздрав России, 2002.
3. Свинец. Гигиенические критерии состояния окружающей среды 3. Всемирная организация здравоохранения. Женева, 1980. 193 с.
4. Андрианова Т.Г. Морфологические и функциональные изменения в органах и тканях животных при поступлении в организм соединений свинца и кадмия: Автореф. дис. д.б.н. М.: МГУПБ, 2003. 41 с.
5. Обухов А. И., Плеханова И.О. Атомно-абсорбционный анализ в почвенно-биологических исследованиях. М.: МГУ - 1991. - 184 с.
6. Забелина М.В. Повышение пищевой и биологической ценности мяса молодых овец в экологически неблагоприятных зонах Среднего Поволжья // Экологический вестник России - 2006. - № 7. - С. 4-6.
7. Колесников В.А. Эколого-токсикологические аспекты воздействия соединений свинца на биологические объекты: Автореф. дис. д-ра биол. наук - Красноярск, 2003. - 48 с.

References

1. Temporary maximum permissible level (MRL) of the content of certain chemical elements and gossypol in feed for farm animals and feed additives. Approved by the General Directorate of Veterinary Medicine of the USSR State Agricultural Industry No. 123-4/281-87 dated 07.08.87, 1987.
2. Hygienic requirements for food safety and nutritional value. Sanitary and epidemiological rules and regulations SanPin 2.3.2.1078-01. M.: Ministry of Health of Russia, 2002.
3. Lead. Environmental hygiene criteria 3. World Health Organization. Geneva, 1980. 193 p.
4. Andrianova T.G. Morphological and functional changes in the organs and tissues of animals when lead and cadmium compounds enter the body: Autoref. dis. Doctor of Biological Sciences M.: MGUPB, 2003. 41 pp.
5. Obukhov A.I., Plekhanova I.O. Atomic absorption analysis in soil biological research. M.: MGU - 1991. - 184 p.
6. Zabelina M.V. Increasing the nutritional and biological value of young sheep meat in environmentally disadvantaged zones of the Middle Volga region // Ecological Bulletin of Russia - 2006. - No. 7. - P. 4-6.
7. Kolesnikov V.A. Ecological and toxicological aspects of the impact of lead compounds on biological objects: Author. dis. Dr. biol. Sciences - Krasnoyarsk, 2003. - 48 p.

Таблица 1. Схема проведения эксперимента

Table 1. Experimental procedure

№ гр.	Кол-во, голов	Конц. Pb в рационе, мг/кг корма	Сут. конц. Pb на гол., мг	Сроки отбора крови тканей органов, сутки	Убой овец, сутки
1	4	0	0	30, 60, 90	90
2	5	5	10	30, 60, 90	30, 60, 90
3	9	25	50	30, 60, 90	30, 60, 90
4	9	150	300	30, 60, 90	30, 60, 90

Публикуется на принципах открытого доступа
Published under an open access license
Creative Commons Attribution 4.0 International License.

DOI CrossRef:10.30917/ATT-VK-1814-9588-2025-1-7
УДК 638.144

Сравнительная оценка некоторых стимуляторов используемых в подкормке пчел



Еремия Н.Г.

¹Еремия Н.Г., доктор хабилитат сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник, eremia.nicolae@gmail.com

¹Жереги В.В., докторант, научный сотрудник, vitalie_jereghi@yahoo.com

¹Катарара И.В., доктор сельскохозяйственных наук, научный сотрудник, ivan.cataraga@gmail.com

²Макаев Ф.З., доктор хабилитат химических наук, заведующий лабораторией органического синтеза, профессор, член корреспондент АНМ, flmacaev@gmail.com

¹Технический Университет Молдовы, г. Кишинев, Республика Молдова

²Государственный Университет Молдовы, Институт Химии, г. Кишинев, Республика Молдова

Ключевые слова: пчелиные семьи, стимуляторы, сахарный сироп, морфопродуктивные показатели.

Резюме: Количество пчелиных семей в отдельные годы за зиму погибают до 20–30%, а весной они плохо развиваются и, как следствие, медовая продуктивность низкая. Цель исследования состояла в сравнительной оценке некоторых стимуляторов, используемых в подкормке пчел для повышения зимостойкости и продуктивности пчелиных семей. Подкормку пчел смеси сахарного сиропа с биостимуляторами проводили при пополнении кормовых запасов на зиму в первой декаде сентября месяца и в весенний период с конца марта до начала мая. Установлено, что подкормка

Для цитирования / For citation

Еремия Н.Г. Сравнительная оценка некоторых стимуляторов используемых в подкормке пчел / Еремия Н.Г., Жереги В.В., Катарара И.В., Макаев Ф.З. // Ветеринария и кормление. – 2025. – №1. – С.34–37.

Eremia N.G. Comparative evaluation of some stimulants used in bee feeding / Eremia N.G., Jereghi V.V., Kataraga I.V., Macaev F.Z. // Veterinaria i kormlenie. – 2025. – #1. – P.34–37.

Comparative evaluation of some stimulants used in bee feeding

¹Eremia N.G., ¹Jereghi V.V.,
¹Kataraga I.V., ²Macaev F.Z

¹Technical University of Moldova, Chisinau, Republic of Moldova

²Moldova State University, Institute of Chemistry, Chisinau, Republic of Moldova

Key words: bee families, stimulatory, sugar syrup, morphoproductive indicators.

Abstract: In some years, up to 20-30% of bee colonies die during the winter, and in the spring, they develop poorly and, as a result, their productivity decreases during the honey harvest. The aim of the study was to perform comparatively evaluate some stimulants used in bee feeding to increase winter hardiness and productivity of bee colonies. The bees were fed with a mixture of sugar syrup with biostimulants when replenishing food supplies for the winter in the first ten days of September and in the spring from the end of March to the beginning of May. It has been established that feeding bee colonies when stocking up their winter feed reserves with a mixture of sugar syrup with stimulants 2 times per 3 liters increases their winter hardiness: chloramicob 2.5 ml/l - by 11.11%; 3% glucuronic acid solution and choline chloride 2.5 ml/l - 17.46%; 3% choline chloride solution 2.25 ml/l - 22.11% and 3% glucuronic acid solution 2.5 ml/l - 3.18%. It was revealed that spring feeding of bee colonies with a mixture of sugar syrup with stimulants, one liter every 7 days, starting from the end of March until the beginning of the flowering of white acacia in the absence of supporting honey collection increases colonies strength by 10.83-64.17%, brood rearing by 12.40-34.11% and honey productivity by 12.13-33.73%.

пчелиных семей при комплектовании кормовых запасов на зиму смесью сахарного сиропа с стимуляторами в 2 раза по 3 л повышает их зимостойкость: хлорамикоб 2,5 мл/л – на 11,11%; 3% раствор глюкуроновой кислоты и хлорид холина 2,5 мл/л – 17,46%; 3% раствор хлорид холина 2,25 мл/л – 22,11% и 3% раствор глюкуроновой кислоты 2,5 мл/л – 3,18%. Выявлено, что весенняя подкормка пчелиных семей смесью сахарного сиропа с стимуляторами по одному литру каждые 7 дней, начиная с конца марта до начала цветения белой акации при отсутствии поддерживающего медосбора увеличивают силу семей на – 10,83–64,17%, выращивания расплода – на 12,40–34,11% и медопродуктивность – на 12,13–33,73%.

Введение

Количество пчелиных семей в отдельные годы за зиму погибают до 20–30%, а весной они плохо развиваются и, как следствие, медовая продуктивность низкая [1]. В условиях изменения климата, все более частых потерь пчелиных семей и сокращения естественных медосборов. Таким образом, стимулирующие подкормки играют важную роль в

развитии отрасли. Не правильное питание может привести к снижению иммунитета, повышению стресса, сокращению продолжительности жизни и потере пчелиных семей. Пыльца, необходима для выращивания расплода и развития молодой популяции пчел. Потребление пыльцы перед зимовкой повышает устойчивость пчелиных семей во время зимовки и в то же время ускоряет их развитие весной [2]. Проведения исследований по расширению разнообразия биологически активных веществ, оказывающих стимулирующее влияние на зимостойкость, рост и продуктивность пчел является актуальным вопросом. Для стимулирования яйцекладки маток, весной широко применяется подкормка пчел сахарным сиропом. Она компенсирует недостаток естественного взятка, однако не обеспечивает пчел полноценным белковым питанием [3]. Для исследования динамики развития пчелиных семей и увеличения общего объема продукции, пчеловоды активно применяют стимулирующие подкормки как в теоретических, так и в практических аспектах. Применение стимулирующей подкормки, состоящей из сахарного сиропа с добавлением 0,02% янтарной кислоты и таурина, способствует повышению работоспособности чистопородных пчел карпатской породы. Это выражается в увеличении летной активности, сборе пыльцы, медовой и восковой продуктивности [4]. Весной, когда отсутствует активный медосбор, для подкормки пчел часто используется сахарный сироп. Однако, такой вид подкормки не может полностью обеспечить потребности пчел в питательных веществах, что приводит к износу их и ускоряет процессы старения [5].

Одним из ключевых этапов в пчеловодстве является стимулирование раннего развития пчелиных семей в весенний период. В начале весны пчелы часто находятся в ослабленном состоянии, а погода нестабильная, что затрудняет

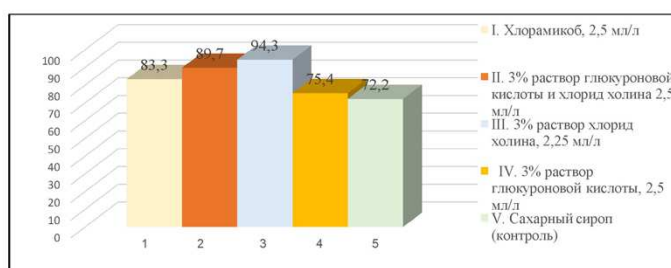


Рис. 1. Зимостойкость пчелиных семей
Fig. 1. Winter hardiness of bee colonies

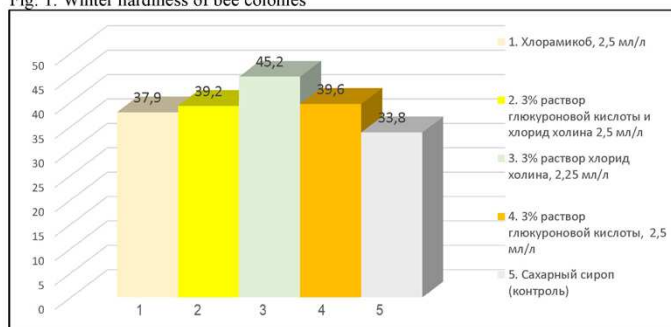


Рис. 2. Количество меда, собранного пчелами с белой акации, кг
Fig. 2. Amount of honey collected by bees from white acacia, kg

сбор нектара. Чтобы обеспечить достаточное количество рабочих пчел к массовому периоду сбора меда, необходимо активизировать плодовитость пчелиной маткой [6]. Стимулирующая подкормка способствует росту сильных пчелиных семей на пасеке. Благодаря этому, особи физиологически созревают гораздо раньше, образуя большое количество летающих пчел, которые, следовательно, производят большее количество меда [7]. Известен способ подкормки пчел

Таблица 1. Морфопродуктивные показатели пчелиных семей, перед подкормкой, 2.09.2023
Table 1. Morphoproductive indicators of bee colonies, before feeding, 2.09.2023

Группа / стимулятор	Количество сотов, шт.	Сила пчелиных семей, улочек	Колич. печатного расплода, кв	Запас корма, кг
I. Хлорамикоб, 2,5 мл/л	10,0±0,0	7,33±0,333	62,67±2,963	7,67±0,667
II. 3% раствор глюконовой кислоты и хлорид холина, 2,5 мл/л	10,0±0,0	8,0±0,577	62,67±4,631	7,33±0,882
III. 3% раствор хлорид холина, 2,25 мл/л	10,0±0,0	7,67±0,667	61,33±9,025	8,00±1,155
IV. 3% раствор глюконовой кислоты, 2,5 мл/л	10,0±0,0	7,67±0,667	60,67±6,360	7,33±0,333
V. Сахарный сироп (контроль)	10,0±0,0	7,67±0,882	62,00±6,429	7,67±0,882

Таблица 2. Морфопродуктивные показатели пчелиных семей при осенней ревизии, 10.11.2023
Table 2. Morphoproductive indicators of bee colonies during autumn inspection, 10.11.2023

Группа / стимулятор	Количество сотов, шт.	Сила пчелиных семей, улочек	Запас корма, кг
I. Хлорамикоб, 2,5 мл/л	6,0±0,0	6,0±0,0	12,37±0,376
II. 3% раствор глюконовой кислоты и хлорид холина, 2,5 мл/л	6,67±0,333	6,0±0,577	11,87±0,186
III. 3% раствор хлорид холина, 2,25 мл/л	7,67±0,333	6,3±0,333	12,60±1,179
IV. 3% раствор глюконовой кислоты, 2,5 мл/л	7,0±0,577	6,3±0,667	12,73±0,549
V. Сахарный сироп (контроль)	7,0±0,0	6,0±0,0	12,7±0,651

Таблица 3. Морфопродуктивные показатели пчелиных семей при весенней ревизии, 3.03.2024
Table 3. Morphoproductive indicators of bee colonies during spring inspection, 03.03.2024

Группа / стимулятор	Количество сотов, шт.	Сила пчелиных семей, улочек	Колич. печатного расплода, кв	Запас корма, кг
I. Хлорамикоб, 2,5 мл/л	6,0±0,0	5,0±0,0	18,33±6,333	7,67±0,481
II. 3% раствор глюконовой кислоты и хлорид холина, 2,5 мл/л	6,67±0,333	5,33±0,333	25,33±4,887	7,43±1,084
III. 3% раствор хлорид холина, 2,25 мл/л	7,67±0,333	6,0±0,577	25,67±12,333	8,30±1,60
IV. 3% раствор глюконовой кислоты, 2,5 мл/л	7,0±0,577	5,0±0,0	28,5±5,550	7,17±0,633
V. Сахарный сироп (контроль)	6,33±0,33	4,33±0,333	19,67±3,528	8,1±0,379

Таблица 4. Зимостойкость пчелиных семей и расход меда за зимний период
Table 4. Winter hardiness of bee colonies and honey consumption during the winter period

Группа / стимулятор	Зимостой- кость, %	Расход меда за зим- ний период, кг	Расход меда на одну уточку пчел, кг
I. Хлорамикоб, 2,5 мл/л	83,33±0,0	4,8±0,100	0,96±0,020
II. 3% раствор глюконовой кислоты и хлорид холина, 2,5 мл/л	89,68±5,206	4,43±9,820	0,86±0,223
III. 3% раствор хлорид холина, 2,25 мл/л	94,33±5,57	4,3±0,520	0,75±1,159
IV. 3% раствор глюконовой кислоты, 2,5 мл/л	75,40±3,967	5,57±0,176	1,11±0,035
V. Сахарный сироп (контроль)	72,22±5,553	4,6±1,015	1,06±0,237

Таблица 5. Морфопродуктивные показатели пчелиных семей в конце цветения акации 23.05.2024
Table 5. Morphoproductive indicators of bee colonies at the end of acacia flowering 23.05.2024

Группа / стимулятор	Колич. со- тов, шт.	Сила пчелиных семей, улочек	Колич. печатного расплода, кв	Запас корма, кг
I. Хлорамикоб, 2,5 мл/л	24,3±2,963	13,3±1,202	173,0±7,00	37,9±3,934
II. 3% раствор глюконовой кислоты и хлорид холина, 2,5 мл/л	25,3±1,667	16,7±0,667	145,0±48,280	39,2±5,10
III. 3% раствор хлорид холина, 2,25 мл/л	26,0±3,512	19,7±4,096	155,3±21,674	45,2±7,534
IV. 3% раствор глюконовой кислоты, 2,5 мл/л	24,0±3,00	15,3±2,333	171,0±7,506	39,6±6,665
V. Сахарный сироп (контроль)	19,3±5,170	12,0±2,00	129,0±5,695	33,8±9,103

с использованием сахарного сиропа вместо меда. Для стимуляции роста расплода в весенний период используется 50% сахарный сироп (сахар/вода 1:1) [8]. В условиях недостаточного разнообразия медоносной базы в качестве стимуляторов использовали различные биологически активные вещества [9, 10, 11].

Отмечено, что стимулирующая подкормка пчел с использованием кормовых добавок, биорегуляторов и кочевка их на медосборе способствуют повышению выживаемости и продуктивности пчелиных семей [12, 13]. Поэтому использование стимуляторов в подкормке пчел, их влияние на повышение иммунитета и зимостойкость, ранневесеннее развитие и увеличение продуктивность пчелиных семей представляет научный и практический интерес.

Цель исследований состояла в сравнительной оценке некоторых стимуляторов, используемых в подкормке пчел для повышения зимостойкости и продуктивности пчелиных семей.

Материал и методы

Для достижения поставленных задач объектом исследований послужили пчелиные семьи карпатской породы пасеки с. Кожушна Страшенского района Республики Молдова. Для проведения эксперимента были сформированы пять групп пчелиных семей, в том числе 4 опытных и одна контрольная. Пчелиным семьям I группы при пополнении кормовых запасов на зиму (02.09.2023 и 9.09.2023) давали по 3,0 л смеси 60% сахарного сиропа и 2,5 мл/л биостимулятора (хлорамикоб), II группы – с 2,5 мл/л (3% раствор глюконовой кислоты и хлорид холина), III группы – 2,5 мл/л (3% раствор хлорид холина), IV группы – 2,5 мл/л (3% водный раствор смеси глюконовой кислоты), V группы (контроль) – сахарный сироп. В весенний период, начиная с 30.03.2024 г, через каждые 7 дней пчелиных семей подкармливали по 1 л смеси 50% сахарного сиропа и 2,5 мл/л биостимулятора. Подкормку проводили 7.04.2024; 14.04.2024; 20.04.2024 и 28.04.2024. У опытных семей учитывали зимостойкость, ранне-весеннее развитие, плодовитость маток, выращивание расплода и медопродуктивность пчелиных семей. Полученные результаты обрабатывались методом вариационной статистики и с помощью компьютерной программы.

Результаты исследований и обсуждение

Результаты проводимых исследований показали, что в начале опыта перед подкормкой пчел (2.09.2023) семьи

имели в среднем по 10,0 сотов, силу – 7,33–8,0 улочек, количество печатного расплода – 60,67–62,67 кв. и запас корма 7,33–8,0 кг (таблица 1).

Для пополнения кормовых запасов на зиму 2 сентября 2023 пчелиных семьям давали по 3 л сахарного сиропа с концентрацией 1,5:1 (сахар : вода) с стимуляторами и через неделю (9.09.2023) повторно подкармливали по 3 л смеси.

При проведенной осенней ревизии (10.11.2023) установлено, что пчелиные семьи имели в среднем по 6,0–7,76 сотов, силу – 6,0–6,3 улочек и запас корма составил – 11,87–12,87 кг (таблица 2).

Республика Молдова – страна с мягким климатом, ранняя теплая весна и продолжительное лето, с богатой медоносной растительностью, пчелиные семьи хорошо зимуют под открытым небо.

В весенний период при проведение контрольного осмотра (23.03.2023) выявлено, что самые лучше перезимовали пчелиные семьи III группы, которые при пополнение кормовых запасов получали сахарный сироп с 3% раствором хлорида холина, сила семей составила 6,0 улочек, количество печатного расплода – 25,67 кв и запас корма в гнезде – 8,30 кг (таблица 3).

Сила пчелиных семей, вышедших из зимовки, варьировала от 5,0 до 6,0 улочек или на 15,47–38,57% больше контрольной группы и количество печатного расплода у II, III и IV групп от 25,33–28,5 кв. или соответственно на 28,77–44,89%.

Выявлено, что из всех групп лучше перезимовали пчелиные семьи, которые получали сахарный сироп с стимулятором (3% раствор хлорид холина, 2,25 мл/л), зимостойкость их составила 94,33% или на 22,11% больше контрольной группы.

Подкормка пчелиных семей при комплектовании кормовых запасов на зиму смесью сахарного сиропа с стимуляторами 2 раза по 3 л улучшает зимостойкость. Хлорамикоб, 2,5 мл/л – на 11,11%; 3% раствор глюконовой кислоты и хлорид холина, 2,5 мл/л – 17,46%; 3% раствор хлорид холина, 2,25 мл/л – 22,11% и 3% раствор глюконовой кислоты, 2,5 мл/л – 3,18% по сравнению с контрольной группой (таблица 4, рис. 1).

У пчелиных семей III группы расход меда за зимний период был самый низкий 4,3 кг или по 0,75 кг на одну улочку. Больше корма за зимний период употребляли пчелиные семьи IV группы (3% раствор глюконовой кисло-

ты) – 5,57 кг или по 1,11 кг на одну улочку. У опытных пчелиных семей I, II и III групп за зимний период расход корма на одну улочку составил на 0,10–0,31 кг меньше контрольной группы.

Для стимуляции роста пчелиных семей и подготовка их к главному медосбору начиная с 30 марта 2024 года их подкармливали по 1,0 л смеси сахарного сиропа с стимуляторами каждые 7 дней (7.04.2024; 14.04.2024; 20.04.2024; 28.04.2024).

Выявлено, что подкормка пчел в весенний период при отсутствии поддерживающего медосбора увеличивает силу пчелиных семей у опытных групп на 10,83–64,17% по сравнению с контролем. Лучше развивались пчелиные семьи III-й группы (3% раствор хлорид холина, 2,25 мл/л), которые достигли силу в среднем 19,7 улочек. Во время контрольного осмотра (23.05.2024) установлено, что опытные семьи вырастили в среднем по 145,0–173,0 кв. или на 12,40–34,11% больше, чем семьи контрольной группы (таблица 5).

Плодовитость маток у опытных групп варьировала от 1208 до 1442 яиц в течение суток, у контрольной группы – 1075 яиц. От белой акации опытные пчелиные семьи собрали в среднем по 37,9–45,2 кг меда или на 12,13–33,73% (рис.2).

Таким образом, подкормка пчел смесью сахарного сиропа с стимуляторами при пополнение кормовых запасов на зиму и в весенний период при отсутствии поддерживающего медосбора увеличивает зимостойкость, силу семей, выращивание расплода и медопродуктивность пчелиных семей.

Выводы

1. Установлено, что подкормка пчелиных семей при комплектовании кормовых запасов на зиму смесью сахарного сиропа с стимуляторами 2 раза по 3 л улучшает зимостойкость: хлорамикоб, 2,5 мл/л – на 11,11%; 3% раствор глюконовой кислоты и хлорид холина, 2,5 мл/л – 17,46%; 3% раствор хлорид холина, 2,25 мл/л – 22,11% и 3% раствор глюконовой кислоты, 2,5 мл/л – 3,18%.

2. Выявлено, что весенняя подкормка пчелиных семей смесью сахарного сиропа с стимуляторами по одному литру каждые 7 дней, начиная с конца марта до начала цветения белой акации при отсутствии поддерживающего медосбора увеличивают силу семей на – 10,83–64,17%, выращивания расплода – на 12,40–34,11% и медопродуктивность – на 12,13–33,73%.

Данное исследование выполнено в рамках исследовательской подпрограммы GREEN/020407, а также 010601, финансируемой Министерством образования и исследований Республики Молдова.

Литература

1. Eremia N. Tehnologia de intretinere si exploatare a familiilor de albine / Eremia N., Macaev F., Znogovan A., Coseleva O. // Chisinau, Print-Caro. - 2023. - 104 P. ISBN 978-9975-175-14-2.
2. Topal E. The Effect of Supplementary Feeding with Different Pollens in Autumn on Colony Development under Natural Environment and In Vitro Lifespan of Honey Bees / Topal E., Margaoan R., Bay V., Takma C., Yucel B., Oskay D., Duz G., Acar S., Kosoglu M. // Insects. - 2022, 13, 588. <https://doi.org/10.3390/insects13070588>
3. Комлацкий В.И. Справочник пчеловода / Комлацкий В.И.,

Логинов С.В., Свистунов С.В. // Ростов-на-Дону, "Феникс". - 2012. - 447 С.

4. Гаспарян К.О. Восковая продуктивность пчелиных семей различного происхождения. Сборник статей VI Международной научно-практической конференции в 2 частях; - Пенза: Наука и Просвещение. - 2020.

5. Пушкарёв Н.Н. Влияние генотипических и паратипических фактор на рост и медопродуктивность пчелиных семей / Пушкарёв Н.Н., Бурцев П.Ю., Косилов В.И. // Современные проблемы животноводства в условиях инновационного развития отрасли: матер. Всеросс. науч.-практич. конф. Курган. - 2017. - С. 176-179.

6. Горлов И.Ф. Инновационные способы повышения эффективности производства и переработки продукции пчеловодства / Горлов И.Ф., Мосолов А.А. // Волгоград. - 2013. - С. 144.

7. Морева Л.Я. Влияние стимулирующих подкормок на весеннее развитие пчелиных семей в Краснодарском Крае / Морева Л.Я., Козуб М.А. // Пчеловодство. - 2013. - № 8. - С. 10-11.

8. Кривцов Н.И. Пчеловодство / Кривцов Н.И., Лебедев В.И., Туников Г.М. // Москва, Колос. - 2000. - С. 192-200. ISBN 5-10-003386-X.

9. Ковальський Ю.В. Вплив кормової добавки на якість зимівлі бджіл / Ковальський Ю.В., Кирилів Я.І. // Науковий вісник Національного аграрного університету. - 2004. - Вип. 74. - С. 185-190.

10. Пшеничная Е.А. Стимулирующие подкормки и зимовка пчел. Пчеловодство. - 2010. - № 10. - С. 10-11. ISSN 0369-8629.

11. Кучерявий В.П. Вплив інвертованого сиропу на розвиток бджолиних сімей / Кучерявий В.П., Рязанов О.С. // Аграрна наука та харчові технології. - 2017. - Вип. 5(99). - Т. 2. - С. 87-92. ISSN 2616-72ВХ.

12. Eremia N. Procedeu de hranire a albinelor / Krasociko P., Chiriac A., Zagareanu A., Sari N. // Brevet de inventie de scurta durato MD 1193 Y. Data publ.: 30.09.2017. BOPI. - №. 9/2017.

13. Eremia N. Tehnologia stuparitului pastoral // Eremia N., Modvala S., Naraevscaia I. // Recomandari. Chisinau. - 2016. - 59 P. ISBN 978-9975-56-393-2.

References

1. Eremia N. Technology of maintenance and exploitation of bee colonies / Eremia N., Macaev F., Znogovan A., Coseleva O. // Chisinau, Print-Caro. - 2023. - 104 P. ISBN 978-9975-175-14-2.
2. Komlatsky V.I. Beekeeper's Handbook / Komlatsky V.I., Loginov S.V., Svistunov S.V. // Rostov-on-Don, "Phoenix". - 2012. - 447 P.
3. Gasparyan K.O. Wax productivity of bee colonies of different origins. Collection of articles of the VI International scientific and practical conference in 2 parts; - Penza: Science and Education. - 2020.
4. Pushkarev N.N. Influence of genotypic and paratypic factors on the growth and honey productivity of bee colonies / Pushkarev N.N., Burtsev P.Yu., Kosilov V.I. // Modern problems of animal husbandry in the context of innovative development of the industry: materials of the All-Russian scientific and practical conf. Kurgan. - 2017. - P. 176-179.
5. Gorlov I.F. Innovative methods for increasing the efficiency of production and processing of beekeeping products / Gorlov I.F., Mosolov A.A. // Volgograd. - 2013. - P. 144.
6. Moreva L.Ya. The influence of stimulating feeding on the spring development of bee colonies in the Krasnodar Territory / Moreva L.Ya., Kozub M.A. // Beekeeping. - 2013. - No. 8. - P. 10-11.
7. Krivtsov N.I. Beekeeping / Krivtsov N.I., Lebedev V.I., Tunikov G.M. / Moscow, Kolos. - 2000. - P. 192-200. ISBN 5-10-003386-X.
8. Kovalskyi Y.V. The influence of feed additives on the quality of bee wintering / Kovalskyi Y.V., Kyryliv Y.I. // Scientific Bulletin of the National Agrarian University. - 2004. - Issue 74. - P. 185-190.
9. Pshenichnaya E.A. Stimulating feeding and wintering of bees. Beekeeping. - 2010. - No. 10. - P. 10-11. ISSN 0369-8629.
10. Kucheryavy V.P. The influence of inverted syrup on the development of bee colonies / Kucheryavy V.P., Ryzanov O.S. // Agrarian science and food technologies. - 2017. - Issue 5(99). - Vol. 2. - P. 87-92. ISSN 2616-72VX.
11. Eremia N. Bee feeding process / Krasociko P., Chiriac A., Zagareanu A., Sari N. // Short-term patent MD 1193 Y. Publ. date: 30.09.2017. In: BOPI. - №. 9/2017.
12. Eremia N. Technology of pastoral stupor // Eremia N., Modvala S., Naraevscaia I. // Recommendations. Chisinau. - 2016. - 59 P. ISBN 978-9975-56-393-2.

Публикуется на принципах открытого доступа
Published under an open access license
Creative Commons Attribution 4.0 International License.

DOI CrossRef:10.30917/ATT-VK-1814-9588-2025-1-8
УДК 619:612.015.3:636.12

Коррекция метаболических процессов спортивных лошадей в период интенсивного ипподромного тренинга



Ерыженская Н. Ф.,
кандидат биологических наук,
старший научный сотрудник,
ФГБНУ "Курский федеральный
аграрный научный центр",
г. Курск
orel-nadegda-35@yandex.ru

Ключевые слова: спортивные лошади, ипподромный тренинг, коррекция, метаболические процессы, дексаметазон, сукцинат содержащий йодинол.

Резюме. Наиболее распространенной группой ортопедических заболеваний являются артриты – категория болезней опорно-двигательного аппарата, характеризующихся развитием местного воспаления различной степени, дегенерацией хрящевой ткани, снижением выработки синовиальной жидкости и (при усугублении процесса) анкилозом (неподвижностью) суставных поверхностей. Одним из основных компонентов сустава является жидкая биологическая масса с консистенцией вязкого геля, с исключительными биофизическими и физико-химическими свойствами – это синовия. По своему составу она имеет значительное сходство с плазмой крови, но отличается от нее меньшим содержанием белков и наличием гиалуроновой кислоты, в функции которой входят питание, иммунные реакции, смазывание и протекция сустава. При развитии воспалительного процесса происходит выпот жидкой части плазмы крови и лейкоцитов в суставную полость, что приводит к изменению биофизических характеристик синовии (она становится более жидкой, водянистой), перестает выполнять буферную и амортизирующую функции. Классическим признаком острого повреждения хрящевой или костной ткани сустава является увеличение выработки синовиальной жидкости как ответ на незаметное повреждение хряща, что способствует растягиванию капсулы сустава и появлению так называемых "сырых суставов". Затем, наоборот, происходит снижение выработки синовии, изменение ее качества, повышение местной температуры, болезненность при пассивных сгибаниях, хромота различной степени тяжести,

Для цитирования / For citation

Ерыженская Н.Ф. Коррекция метаболических процессов спортивных лошадей в период интенсивного ипподромного тренинга // Ветеринария и кормление. – 2025. – №1. – С.38–42.

Eryzhenskaya, N.F. Correction of metabolic processes of sports horses during intensive racetrack training // Veterinaria i kormlenie. – 2025. – #1. – P.38–42.

Correction of metabolic processes of sports horses during intensive racetrack training

N.F. Eryzhenskaya, orel-nadegda-35@yandex.ru
Federal Agricultural Kursk Research Center, Kursk

Key words: sports horses, hippodrome training, correction, metabolic processes, dexamethasone, succinate containing iodinol.

Abstract. The most common group of orthopedic diseases are arthritis, a category of diseases of the musculoskeletal system characterized by the development of local inflammation of varying degrees, degeneration of cartilage tissue, decreased production of synovial fluid and (with aggravation of the process) ankylosis (immobility) of articular surfaces. One of the main components of the joint is a liquid biological mass with the consistency of a viscous gel, with exceptional biophysical and physico-chemical properties is synovia. In its composition, it has significant similarities with blood plasma, but differs from it in a lower protein content and the presence of hyaluronic acid, whose functions include nutrition, immune reactions, lubrication and protection of the joint. With the development of the inflammatory process, the liquid part of the blood plasma and leukocytes is effused into the joint cavity, which leads to a change in the biophysical characteristics of the synovium (it becomes more liquid, watery), ceases to perform buffering and shock-absorbing functions. A classic sign of acute damage to the cartilage or bone tissue of the joint is an increase in the production of synovial fluid as a response to imperceptible cartilage damage, which contributes to the stretching of the joint capsule and the appearance of so-called "raw joints". Then, on the contrary, there is a decrease in the production of synovia, a change in its quality, an increase in local temperature, pain during passive flexion, lameness of varying severity, joint deformation. The causes of joint diseases in sports horses are: genetic predisposition, too rapid growth and weight gain, impaired metabolic and mineral metabolism, age-related changes, traumatic joint damage, side effects after treatment or associated with hematogenous bacterial entry into the joint, excessive load, constitutional features. The therapeutic approach to the treatment and prevention of arthritis consists in the use of succinate containing iodinol in combination with dexamethasone in a 1:1 ratio, a broad-spectrum drug that allows you to create a high concentration of the active substance in the joint and localize the inflammatory process.

деформация суставов. Причины заболеваний суставов у спортивных лошадей: генетическая предрасположенность, слишком быстрый рост и набор массы тела, нарушение метаболического и минерального обмена, возрастные изменения, травматическое поражение суставов, побочные эффекты после проведенного лечения или связанные с гематогенным заносом бактерий в сустав, чрезмерная нагрузка, конституциональные особенности. Терапевтический подход к лечению и профилактике артритов заключается в применении сукцинат содержащего йодинола в сочетании с дексаметазоном в соотношении 1:1, препарата широкого спектра действия, что позволяет создавать высокую концентрацию действующего вещества в суставе и локализовать воспалительный процесс.

Введение

В настоящее время стало достаточно перспективно вкладываться в конную индустрию, а в частности – спортивную, где лошадь играет важную роль в конном спорте. Велика роль лошади в истории развития сельского хозяйства, отечественного конезаводства и конного спорта. Использование лошадей и по сей день остается актуальным во многих сферах деятельности человека, несмотря на всеобщую механизацию и применение новых технологий. Высококровные лошади постоянно фигурируют в качестве наиболее ценных подарков, как в межгосударственных, так и международных отношениях. В настоящее время всевозможные спортивные соревнования привлекают внимание многочисленных зрителей. Наибольший интерес вызывают скачки и бега на ипподромах, но при интенсивном тренинге наблюдается высокий процент суставной патологии. Система тренинга спортивных лошадей и участие их в бегах связаны с серьезными нагрузками на сухожильно-связочный аппарат конечностей, что вызывает перенапряжение определенных сухожилий и обуславливает увеличение вероятности тяжести травматизма, снижение спортивного долголетия. Диагностика суставной патологии является актуальной темой для исследований. Именно поэтому изучение и усовершенствование современных методов диагностики и прогностики заболеваний опорно-двигательного аппарата у спортивных лошадей представляет научно-практический интерес, который позволит более эффективно выявить в комплексе

определения и оценки хирургических заболеваний при слабо выраженных клинических симптомах болезней лошадей. [1].

С расширением спортивных и эстетических интересов современного общества, роль лошади, как участницы увлекательнейшего спортивного зрелища возрастает. Условия соревнований постоянно ужесточались, возросли требования к экстерьерным и физическим качествам лошадей, но цель осталась неизменной – победа.

В современном мире конный спорт предъявляет очень высокие требования как к внешнему виду, так и к развитию физических качеств лошадей, где основной задачей спортивного коневодства является качественное улучшение кормления лошадей. Чем лучше качество кормов и лучше сбалансированы рационы по различным элементам питания, тем полнее реализуются наследственные задатки животного, а потенциальные возможности спортивной лошади достаточно велики. Перед специалистами в области коневодства встал вопрос: как добиться высоких результатов в конном спорте с наименьшими затратами и издержками, составить конкуренцию спортсменам европейского и мирового уровня? Детализированные нормы и рационы кормления спортивных лошадей отражают современные технологии, на основании которых разработана и научно обоснована система кормления с учетом метаболической направленности. Формирование по 24–30 показателям норм кормления, предусматривает введение в рацион комбикорма и

Таблица 1. Биохимические показатели крови рысистых лошадей
Table 1. Biochemical blood parameters of trotting horses

Показатель	Опытная группа		Контрольная группа*	
	до эксперимента	через 3 дня после эксперимента	до эксперимента	через 3 дня после эксперимента
Общий белок, г/л	55,73±0,25	63,35±0,30	54,64±0,19	54,42±0,16
Рез. щёлочность, % CO ₂	37,5±2,3	43,7±3,5	36,9±2,1	36,1±2,0
Глюкоза, ммоль/л	5,0±0,5	7,5±0,8	4,9±0,9	4,6±0,6
Гемоглобин, г/л	135,8±0,5	143,5±0,7	134,9±0,4	132,6±0,2
СОЭ, мм/ч	58,5±0,7	35,3±0,5	56,6±0,6	56,2±0,4
Лейкоциты, 10 ⁹ /л	12,5±0,5	7,8±0,3	11,9±0,9	11,6±0,6
Эритроциты, 10 ¹² /л	13,3±0,8	8,7±0,5	12,2±0,6	12,0±0,4

Примечание: * – разница с контрольной группой на 3 день эксперимента достоверна при уровне значимости 0,05.

Таблица 2. Влияние сукцинат содержащего йодиола с дексаметазоном на показатели рысистых лошадей.
Table 2. The effect of succinate containing iodinol with dexamethasone on the performance of trotting horses.

Показатель	Опытная группа до применения сукцинат содержащего йодиола с дексаметазоном (кол-во голов)	Опытная группа после применения сукцинат содержащего йодиола с дексаметазоном через 3 дня (кол-во гол.)	Контрольная* группа в начале опыта (кол-во голов)	Контрольная* группа в конце опыта (кол-во голов)
Отек конечностей	8	3	8	6
Признаки хромоты	8	5	8	7
Нарушение координации движений	8	4	8	6

Примечание: * – разница с контрольной группой на период эксперимента достоверна при уровне значимости 0,05.

Таблица 3. Резвость рысистых лошадей в период розыгрыша Вступительного приза
Table 3. The agility of trotting horses during the drawing of the Entrance prize

Название традиционных призов	Дистанция метров, кол-во гитов	Опытн. группа (кол-во лошадей)	Резвость (мин, сек)	Контрольн. группа* (кол-во лошадей)	Резвость (мин, сек)
Вступительный	1600	3	2.11,7/2.15,7	3	2.11,9/2.16,4

Примечание: * – разница с контрольной группой на период эксперимента достоверна при уровне значимости 0,05.



Рисунок 1. Вступительный приз выиграл жеребец опытной группы русской рысистой породы Осенний Вальс с резвостью 2.11,7.

Figure 1. The entry prize was won by a stallion of the experienced group of the Russian trotting breed Autumn Waltz with a speed of 2.11.

кормовых добавок, премиксы сложного комплекса, которые являются обязательным компонентом любого рациона для высококлассных, спортивных лошадей. Полное удовлетворение организма лошади во всех питательных, минеральных и биологически активных веществах определяет не только спортивный уровень, но и отображает величину затрат корма на ее содержание. Наука о кормлении разрабатывает способы использования различных биологических и химических препаратов, основываясь на изучении метаболических процессов организма спортивных лошадей при интенсивном тренинге. Высокая работоспособность лошади, эффективное использование кормов теперь немыслимы без включения в рацион разнообразных кормовых добавок, обеспечивающих необходимый уровень биологически полноценного питания. Успех в спортивном коневодстве, достигается благодаря сочетанию углубленной селекции с направленными полноценными современными методами кормления, содержания и тренинга. [2]. С течением времени менялись как методы подготовки к соревнованиям всадников и лошадей, так и условия их проведения. На сегодняшний день не все специалисты, занимающиеся подготовкой

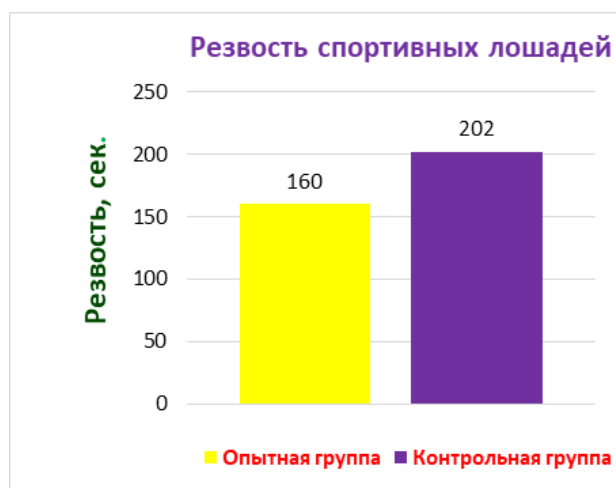


Рисунок 2. Резвость рысистых лошадей при розыгрыше Вступительного приза.

Figure 2. The agility of trotting horses in the drawing of the Entrance prize.

лошадей к соревнованиям по разным конным дисциплинам, прошли обучение в специализированных учебных заведениях. В связи с этим утрачивается первичное понимание топографической анатомии, биомеханики движения, правил эксплуатации, кормления, содержания и зоопсихологии лошадей. Всё это является причиной развития различных заболеваний, носящих, в большинстве случаев, "профессиональный" характер, связанный с эксплуатацией лошадей в разных видах конного спорта.

Среди этих заболеваний наиболее распространены травматические повреждения опорно-двигательного аппарата, полученные непосредственно в процессе тренинга и подготовки к соревнованиям. Система тренинга спортивных лошадей связана с высокими нагрузками на костно-мышечную систему, сухожильно-связочный аппарат, суставы. Полученное значительное утомление влечет перенапряжение и ухудшение функций данных структур. Это увеличивает вероятность травматизма и его тяжесть, снижение спортивных показателей и, как следствие, выход лошадей из спортивной карьеры.

Ранняя диагностика патологий сухожильно-связочного аппарата конечностей лошадей позволяет уменьшить вероятность перехода острой фазы воспаления исследуемых сухожильных структур в хроническую форму и снизить количество выбракованных животных, минимизировать экономический ущерб от простоя спортивных лошадей во время их реабилитации.

В структуре хирургических болезней спортивных лошадей наиболее частым травмам подвержен опорно-двигательный аппарат, что является актуальной проблемой, приводящей к снижению спортивных показателей, вплоть до прекращения спортивной карьеры. Основной причиной заболевания сухожилий являются следствия травм. [3]. Травмы сухожильно-связочного аппарата у спортивных лошадей самая распространённая проблема опорно-двигательного аппарата, где травматизм может достигать 86,0%.

В виду повышенных нагрузок на опорно-двигательный аппарат спортивных лошадей, часто наблюдаются заболевания различной этиологии. Наиболее встречающаяся среди ортопедических патологий у лошадей любого возраста и породы является заболевание сухожильно-связочного аппарата конечностей в области пясти и плюсны. Наблюдением за лошадью на дорожке не редко выявляется первопричина хромоты. Диагностические тесты для определения хромоты помогают выявлять локализацию участка болезненности, определить подвижность сухожилий и суставов. Следует отметить, что немалую роль играет сбор анамнеза и предварительный осмотр лошади в покое, обращая внимание на то, насколько равномерно лошадь распределяет на вес конечности и симметричность сторон. Особенности нагрузки на анатомические структуры в различных дисциплинах конного спорта оказывают существенное влияние на частоту распространения и локализацию травм.

Суставы у животных анатомически и физиологически теснейшим образом связаны со всеми другими системами организма. Сустав – подвижное соединение двух или более костей, между которыми находится пространство, заполненное жидкостью. Сустав – сложная анатомическая структура, которая образована различными тканями, что обуславливает многочисленность форм поражений данной структуры. Ввиду больших физиологических нагрузок, в частности на конечности – суставы у лошадей довольно уязвимы, что ведет к их патологиям. Нарушение функции суставов лошадей, чрезвычайно негативно сказывается на функционировании конечности, в котором расположен пострадавший сустав лошади, а также, при тяжелых поражениях,

может привести к ухудшению состояния лошади в целом и к значительному снижению ее работоспособности.

Сустав – это не только пассивное сочленение костей между собой, но и целая сложная сочлененная система, объединяющая в себе кроме костей сосуды, нервы, связки, мышцы, сухожилия, слизистые сумки, апоневрозы и даже соответствующую часть кожных покровов. Суставы связаны с моторными участками коры головного мозга, спинным мозгом. [4-5]. Патология суставов и значение её для организма вносит реактивные изменения в организм спортивных лошадей и сопровождаются соответствующими изменениями в тканях суставов.

Материалы и методы

Изучение влияния сукцинат содержащего йодиола в сочетании с дексаметазоном на коррекцию метаболизма и артриты у рысистых лошадей, проводили в условиях лаборатории ветеринарной медицины и биотехнологий Курского ФАНЦ и Курского ипподрома в 2024 г. в период бегового сезона.

Цель исследования – изучить влияние и оценить эффективность применения сукцинат содержащего йодиола в сочетании с дексаметазоном на лошадях рысистых пород, которые участвовали в розыгрыше традиционных призов на Курском ипподроме в период открытия бегового сезона 2024 г., находились в тренинге и прошли испытание в Вступительном призе.

Биохимические исследования крови проводили на автоматическом анализаторе BioChem FC-200. Оценка значимости различий между группами проводилась с помощью параметрического t-критерия Стьюдента при уровне значимости 0,05. От лошадей опытной и контрольной групп кровь исследовалась на общий белок, резервную щелочность, глюкозу, гемоглобин, СОЭ, лейкоциты, эритроциты, при этом учитывали физиологическое состояние животных, отек конечностей, признаки хромоты, координацию движений и результаты резвости в Вступительном призе.

Результаты исследований

В ходе проведенных исследований применялись общие клинические методы: сбор анамнеза лошадей, осмотр в статике и динамике. Ортопедические патологии в конном спорте наносят значительный экономический ущерб, учитывая тот факт, что период лечения и восстановления работоспособности каждой лошади длится от 4 до 12 месяцев, и далеко не все лошади возвращаются в тренинг после перенесённой травмы. Применение всех компонентов препарата обеспечивает нормализацию метаболического процесса при суставной патологии рысистых лошадей в период ипподромных испытаний.

Йодиол по современной классификации лекарственных средств относится к фармакологической группе антисептиков. Фармакопейный препарат йодиол представляет собой водный раствор, состоящий из йода (0,1%), йодистого калия (0,9%), поливинилового спирта. В смеси с полимерами (поливиниловым спиртом) йод утрачивает токсические и раздражающие свойства, при этом полностью сохраняется и даже усиливается антимикробная активность.

Способность йода легко проникать через клеточные мембраны позволяет применять его при инфекциях, с локализацией инфекционного патогена в клетках организма.

Вполне вероятен синергизм действия сукцината с йодом (йод повышает потребление кислорода тканями, а йод-содержащие гормоны являются активаторами энергетического метаболизма). В настоящее время для купирования критически развивающегося отека процесса, в ветеринарной медицине стали широко практиковать дексаметазон, который относится к группе синтетических глюкокор-

тикостероидов, обладает хорошо выраженным противовоспалительным, антиаллергическим, противоотечным и глюкокортикогенетическим действием и позволяет быстро купировать острый воспалительный процесс в сочетании с сукцинатом побочные эффекты препарата дексаметазон будут снижены. [6].

Янтарная кислота обеспечивает механизм регуляции метаболической активности клеток и тканей, тормозит воспалительные процессы и нормализует работу нервной системы, противодействует стрессам и стимулирует выраженное ослабление организма при заболевании. В виду повышенных нагрузок на опорно-двигательный аппарат спортивных лошадей, часто наблюдаются заболевания различной этиологии, при этом воспалительный процесс оказывает влияние не только на метаболические процессы, но и звенья иммунитета [7-9].

Спектр потенциально высокого действия дексаметазона при воспалительных процессах побуждает интерес его применения в инфекционной и незаразной патологии, в т.ч. поиску новых подходов при критически развивающихся ситуациях.

Быстрое начало лечения способствует низкому проценту отсроченных последствий для суставов. Для оценки эффективности применения сукцинат содержащего йодиола в комплексе с дексаметазоном по принципу аналогов были отобраны две группы лошадей по 8 голов в возрасте 2–7 лет с резвостью класса 2.05–2.10 и резвее. Ипподромные испытания проводились согласно утвержденному календарному плану 2024 года АО "Росипподромы", г. Москва. Содержание индивидуальное. Кормление согласно зоотехническим нормам и тренинговой нагрузки было приближено к общим параметрам.

Опытной группе лошадей сукцинат содержащий йодиол в сочетании с дексаметазоном вводили безигольным методом в дозе 10 мл. внутривенно, при выраженном артрите.

Второй группе отводилась роль контроля. В третий день опыта произошло увеличение общего белка в опытной группе на $7,62 \pm 0,05$ г/л, резервной щелочности на $6,2 \pm 1,2$ % CO_2 , уровня глюкозы на $2,5 \pm 0,3$ ммоль/л и гемоглобина на $7,7 \pm 0,2$ г/л.

О положительном влиянии на биохимические процессы рысистых лошадей в напряженный период ипподромных испытаний свидетельствует увеличение этих показателей.

В контрольной группе общий белок снизился на $0,22 \pm 0,03$ г/л, резервная щелочность на $0,8 \pm 0,1$ % CO_2 , глюкоза на $0,3 \pm 0,3$ ммоль/л и гемоглобин на $2,3 \pm 0,2$ г/л, что связано с нарушением белкового, углеводного, минерального обменов и снижением энергетической обеспеченности

Повышение уровня показателей крови СОЭ, лейкоцитов и эритроцитов свидетельствует о воспалительном процессе в организме лошадей опытной группы, но после введения препарата эти показатели значительно снизились по сравнению с контрольной группой: СОЭ на $23,2 \pm 0,2$ мм/ч, лейкоциты на $4,7 \pm 0,2$ 10^9 /л, эритроциты на $4,6 \pm 0,3$ 10^{12} /л. (табл. № 1).

Показатели крови контрольной группы рысистых лошадей снизились: гемоглобин на $2,3 \pm 0,2$ г/л, СОЭ на $0,4 \pm 0,2$ мм/ч, лейкоциты на $0,3 \pm 0,3$ 10^9 /л, эритроциты на $0,2 \pm 0,2$ 10^{12} /л, что позволило сделать вывод о нарастающем воспалительном процессе (табл. 1).

Общие признаки патологий суставов проявлялись следующими признаками: хромота, боли при сгибании и разгибании больной конечности, местное воспаление, при пальпации наблюдалось повышение местной температуры, отек тканей, при экссудативных процессах – наливы в области

большого сустава, резкая болезненность. Повышение температуры тела, до 39,0– 40,0 °С. Лошади не могут нести полноценных нагрузок, беспокоятся при движении, стараются перенести вес на здоровые конечности, начинают чаще лежать в течение дня.

Отек конечностей, признаки хромоты и нарушение координации движений сглаживались за счет широкого спектра действия введенного сукцинат содержащего йодиола в комплексе с дексаметазоном, что способствовало сокращению восстановительного периода. Эти основные признаки наблюдались у большинства рысистых лошадей контрольной группы, увеличивая восстановительный период (табл. 2).

Испытания позволили сделать вывод, что лошади опытной группы быстро восстанавливались после применения опытного препарата, отличались хорошим физиологическим состоянием и улучшением резвости минус 0,2–0,7 секунды при розыгрыше Вступительного приза. Контрольная группа по всем параметрам имела более низкие показатели: медленно восстанавливались после призового дня, физиологическое состояние оценивалось как удовлетворительное, резвость составила плюс 0,2–0,7 секунды (табл. 3).

Для лечения суставов у лошадей наряду с медикаментозной терапией рекомендуется сочетать отдых. Избыточная физическая нагрузка лишь усиливает повреждение большого сустава. Важно знать, что ограничение подвижности является нежелательным при дефектах суставного хряща, ведь это приведет к полному его истончению. Получается, что компромисс в лечении суставов у лошадей – пассивные упражнения, то есть уровень отдыха и физические нагрузки, что тщательно спланированы и сбалансированы. При заболеваниях суставов рекомендуется выдерживать лошадь в деннике, сроки варьируются в зависимости от состояния сустава и поставленного диагноза. Потом следует начать прогулки шагом. При достижении видимых сдвигов в болезненной зоне и подходящего уровня физических нагрузок интенсивность занятий можно увеличить. Далее переходят к поддерживающей программе физических упражнений наряду с хорошим уходом и отдыхом. Профилактика неспецифична и сводится к правильному содержанию и тренингу лошадей. У лошади должен быть сбалансированный рацион, с должным количеством протеинов, минералов и витаминов, животное должно двигаться и получать необходимую ему дозу ультрафиолетового излучения. Так же, необходимо оберегать лошадь от получения травм области суставов, организовать ей безопасный выгул и постой. При этом тренинг лошадей должен производиться по мере их роста и развития, не перенапрягая структуры опорно-двигательного аппарата.

Заключение

Коррекция артритов сукцинат содержащим йодиолом в сочетании с дексаметазоном позволило снять болевой синдром, выявить и локализовать патологический очаг при слабо выраженных клинических симптомах болезни, а также прогнозировать изменения в режиме реального времени на выбранную схему лечения, восстановить координацию движений и сократить сроки восстановления спортивной формы лошадей в период интенсивного тренинга.

Литература

1. Дорощ М.В. Болезни лошадей. [Текст] : учеб. / М.В. Дорощ. - М.: Вече, 2007. С. 346.
2. Жаров А.В. Патологическая физиология и патологическая анатомия животных [Текст : учеб. / А.В. Жаров [и др.]. - Санкт-Петербург : Лань, 2017. С. 416.
3. Стекольников, А.А. Содержание, кормление и болезни лошадей [Текст] : учеб. пособие - Санкт-Петербург : Лань, 2007. С. 624.
4. Стекольников, А.А. Лошади. Биологические основы. Использование. Пороки. Болезни. - СПб: Лань, 2019. С. 584.
5. Ливанова, Т.К. Все о лошади / Т.К. Ливанова. - М.: АСТ-Пресс, 2012. С. 449.
6. Евлевский А.А. Проблема энергетического метаболизма коров в условиях интенсивного липолиза и обоснование применения йодированного сукцината // Ветеринария и кормление. - 2023. - №4. - С. 15-18.
7. Коваленко, А.Л., Янтарная кислота: фармакологическая активность и лекарственные формы / А.Л. Коваленко, Н.В. Белякова // Фармация. - 2000. - № 5. - С. 40-42.
8. Ширинский В. С., Казыгашева Е. В., Ширинский И. В. Воспаление и иммунитет: роль в патогенезе остеоартрита // Медицинская иммунология. - 2019. - Т. 21. - №. 1. - С. 39-48.
9. Мосягин В.В., Попов В.С., Петров М.Ю., Свзляян Г.А. Активация макрофагального звена иммунитета у телят при применении липосомального иммуностимулятора // Ветеринария и кормление. - 2023. - №6. - С. 43-46.

References

1. Dorosh M.V. Diseases of horses. [Text] : textbook / M.V. Dorosh. - M.: Veche, 2007. P. 346.
2. Zharov A.V. Pathological physiology and pathological anatomy of animals [Text : textbook / A.V. Zharov [etal.]. - St. Petersburg: Lan, 2017. p. 416.
3. Stekolnikov, A.A. Maintenance, feeding and diseases of horses [Text] : textbook. the manual - St. Petersburg Lan, 2007. p. 624.
4. Stekolnikov, A.A. Horses. Biological foundations. Using. Vices. Diseases. - St. Petersburg: Lan, 2019. p. 584.
5. Livanova, T.K. All about the horse / T.K. Livanova. - M.: AST-Press, 2012. P. 449.
6. Yevglevsky A.A. The problem of energy metabolism of cows in conditions of intensive lipolysis and the rationale for the use of iodized succinate // Veterinary medicine and feeding. - 2023. - No. 4. - pp. 15-18.
7. Kovalenko, A.L., Succinic acid: pharmacological activity and dosage forms / A.L. Kovalenko, N.V. Belyakova // Pharmacy. - 2000. - No. 5. - pp. 40-42.
8. Shirinsky V. S., Kazygashева E. V., Shirinsky I. V. Inflammation and immunity: the role in the pathogenesis of osteoarthritis // Medical immunology. - 2019. - Vol. 21. - №. 1. - pp. 39-48.
9. Mosyagin V.V., Popov V.S., Petrov M.Yu., Svazlyan G.A. Activation of the macrophage link of immunity in calves when using a liposomal immunostimulator // Veterinary medicine and feeding. - 2023. - №. 6. - pp. 43-46.

Публикуется на принципах открытого доступа
Published under an open access license
Creative Commons Attribution 4.0 International License.

DOI CrossRef:10.30917/ATT-VK-1814-9588-2025-1-9
УДК: 636.085:577.17

Мясная продуктивность и качество мяса бычков абердин-ангусской породы при различном уровне эстрадиола в сыворотке крови



Завьялов О.А.

Завьялов О.А., доктор биологических наук, oleg-zavyalov83@mail.ru,

Фролов А.Н., доктор биологических наук, forleh@mail.ru,

Харламов А.В., доктор сельскохозяйственных наук, harlamov52@mail.ru,

Платонов С.А., кандидат биологических наук, platonstas1994@mail.ru,

Курилкин Я.Я., аспирант, k_marina4@mail.ru
ФГБНУ "Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук", г. Оренбург

Ключевые слова: крупный рогатый скот, бычки, сыворотка крови, гормоны, тестостерон, мясная продуктивность, качество мяса.

Резюме. Исследования выполнялись на бычках абердин-ангусской породы. Животные в зависимости от уровня эстрадиола в сыворотке крови процентильным методом были разделены на три группы: I группа – до 25 процентиля; II группа – в границах 25–75 процентиля; III группа – выше 75 процентиля. Диапазон концентраций эстрадиола в сыворотке крови бычков I группы находился в пределах от 0,131 до 0,148 нмоль/л, II от 0,150 до 0,162 нмоль/л, III группы от 0,164 до 0,175 нмоль/л. Содержание эстрадиола определяли в сыворотке крови методом иммуноферментного анализа при помощи автоматического микропланшетного анали-

Meat productivity and beef quality of Aberdeen-Angus bulls at different levels of estradiol in blood serum

Zavyalov O.A., Frolov A.N., Kharlamov A.V., Platonov S.A., Kurilkin Ya.Ya.

Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies RAS, Orenburg

Key words: cattle, bulls, blood serum, hormones, testosterone, meat productivity, beef quality.

Abstract. The studies were conducted on Aberdeen Angus bulls. Animals were divided into three groups according to serum estradiol levels by the percentile method: I Group - up to the 25th percentile; II Group - within the 25th-75th percentile; III Group - above the 75th percentile. The range of serum estradiol concentrations in bulls of I group was from 0.131 to 0.148 nmol/l, II group from 0.150 to 0.162 nmol/l, III group from 0.164 to 0.175 nmol/l. Serum estradiol levels were determined by enzyme-linked immunosorbent assay using an Infinite F200 PRO automated microplate analyzer. A control slaughter was performed at 18 months of age to study the meat traits of the bulls. Pre-slaughter live weight, carcass weight and yield, internal raw fat weight and yield, and slaughter weight were measured. The absolute weight and yield of the edible part (flesh), including muscle and fat tissue, and the inedible part: bones, cartilage and tendons were determined based on the results of deboning and skinning the carcass. The carcass meatiness index (meat yield per 1 kg of bone), meat yield per 100 kg of pre-slaughter live weight, per 1 kg of inedible part of the carcass, muscle yield per 1 kg of bone, per 100 kg of pre-slaughter live weight, the ratio of muscle and fat tissues were measured by calculation. The mass fractions of moisture, protein and fat were determined. In addition, the content of complete proteins (by tryptophan) and incomplete proteins (by oxyproline) were determined in the Longissimus dorsi muscle. It was found that animals with maximum levels of estradiol in blood serum were superior to their counterparts with minimum levels of this indicator in terms of carcass bone weight. It was noted that blood serum estradiol levels of Aberdeen Angus bulls had no significant effect on meat productivity indices. At the same time, the effect of estradiol level on the indicators of fat metabolism was found, which was expressed in the increase of internal fat weight and relative fat content in the carcass against the background of the increase of energy value of the carcass flesh. The ambiguous nature of the effect of the estradiol level on the amino acid and fatty acid composition of the Longissimus dorsi muscle was also noted, with a steady tendency to increase the synthesis of unsaturated palmitic acid and decrease the level of the nonessential amino acid - tyrosine.

Для цитирования / For citation

Завьялов О.А., Фролов А.Н., Харламов А.В., Платонов С.А., Курилкин Я.Я. Мясная продуктивность и качество мяса бычков абердин-ангусской при различном уровне эстрадиола в сыворотке крови // Ветеринария и кормление. – 2025. – №1. – С.43–47.

Zavyalov O.A., Frolov A.N., Kharlamov A.V., Platonov S.A., Kurilkin Ya.Ya. Meat productivity and beef quality of Aberdeen-Angus bulls at different levels of estradiol in blood serum // Veterinaria i kormlenie. – 2025. – #1. – P.43–47.

затора Infinite F200 PRO. Для изучения мясных качеств бычков был проведен контрольный убой в возрасте 18 месяцев. При этом определяли предубойную живую массу, массу и выход парной туши, массу и выход внутреннего жира-сырца, убойную массу. На основании результатов обвалки и жиловки полутуши устанавливали абсолютную массу и выход съедобной части (мякоти), в том числе мышечной и жировой ткани, а также несъедобной части: костей, хрящей и сухожилий. Расчетным путем устанавливали индекс мясности туши (выход мякоти на 1 кг костей), выход мякоти на 100 кг предубойной живой массы, на 1 кг несъедобной части туши, выход мышечной ткани на 1 кг костей, на 100 кг предубойной живой массы, соотношение

мышечной и жировой тканей. При этом определяли массовую долю влаги, протеина и жира. В длиннейшей мышце спины дополнительно устанавливали содержание полноценных белков (по триптофану) и неполноценных (по оксипролину). Установлено, что животные с максимальным уровнем эстрадиола в сыворотке крови превосходили сверстников с минимальными значениями этого показателя по массе костей в тушах. Отмечено, что уровень эстрадиола в сыворотке крови бычков абердин-ангусской породы не оказывал значительного влияния на показатели мясной продуктивности. Вместе с тем, установлено влияние уровня эстрадиола на показатели жирового обмена, что выражалось в увеличении массы внутреннего жира и повышении относительного содержания жира в туше, на фоне роста энергетической ценности мякоти туши. Также отмечался неоднозначный характер влияния уровня эстрадиола на аминокислотный и жирнокислотный состав длиннейшей мышцы спины с устойчивой тенденцией роста синтеза ненасыщенной пальмитиновой кислоты и снижением уровня заменимой аминокислоты – тирозина.

Введение

Гормоны представляют собой сигнальные молекулы, которые секретируются эндокринными железами для выполнения определенных функций в клетках и тканях [1]. Многочисленными исследованиями установлено существенное влияние гормонов на все фундаментальные жизненные процессы: они определяют уровень синтеза белка и ДНК в клетках, размеры клеток и их митотическую активность, а следовательно, рост тканей, развитие организма, формирование пола, адаптацию, поддержание метаболического гомеостаза, поведение и другие [2,3]. В организме сельскохозяйственных животных, гормоны оказывают влияние на метаболизм посредством активации ферментных систем, повышения проницаемости клеточных мембран и ускорения синтетических процессов в секреторных клетках. Избыток или недостаток соответствующих гормонов значительно снижает показатели молочной и мясной продуктивности крупного рогатого скота [4]. Одной из важных групп гормонов для крупного рогатого скота являются эстрогены. Эстрогены в организме млекопитающих представлены тремя основными циркулирующими фракциями, такими как эстроном, эстриол и эстрадиол [5,6]. Наиболее важным и широко изученным из перечисленных гормонов для крупного рогатого скота является эстрадиол. У женских особей эстрадиол синтезируется в фолликулах яичника, и его основная задача заключается в выработке лютеинизирующего и фолликулостимулирующего гормонов. Кроме того, эстрадиол повышает мышечную активность половых органов самки и участвует в выработке невязкой жидкости, которая способствует поступательному встречному движению яйцеклетки и спермы в процессе оплодотворения. По мере увеличения количества эстрогенов, усиливается их возбуждающее воздействие на нервную систе-

му, что сопровождается изменениями в поведении коров и телок, характерным для полового возбуждения и охоты [7]. В мужском организме, только 20 % эстрадиола синтезируется непосредственно в яичках, в то время как оставшиеся 80 % – вырабатываются периферических тканях путем превращения тестостерона и эстрогена 17-кетогруппы под воздействием фермента 17 β -гидроксистероид-дегидрогеназы [8]. Дисбаланс эстрадиола в крови самцов, в основном ассоциируется с нарушениями воспроизводительных функций. Так, было установлено, что при повышении уровня эстрадиола в сыворотке крови, наблюдалось уменьшение объема спермы за одно семяизвержение, что приводило к уменьшению количества доз спермы на величину до 50 % [9]. Так же сообщалось о положительной корреляции между концентрацией эстрадиола у быков и наступлением беременности у коров [10].

Вместе с тем, объем доступной информации по оценке влияния эстрадиола на продуктивность бычков, выращиваемых на мясо ограничен. В связи с этим основной целью настоящего исследования, являлось изучение мясных качеств бычков абердин-ангусской породы в зависимости от уровня эстрадиола в сыворотке крови.

Таблица 1. Результаты контрольного убоя подопытных бычков абердин-ангусской породы в зависимости от уровня эстрадиола в сыворотке крови
Table 1. Results of control slaughter of experimental Aberdeen-Angus bulls depending on the blood serum estradiol levels

Показатели	Группа		
	I	II	III
Предубойная масса, кг:	513,22±4,42	516,3±4,63	519,1±4,87
Масса парной туши, кг	289,1±2,55	292,7±2,83	295,3±2,74
Выход туши, %	56,33±0,326	56,68±0,298	56,89±0,312
Масса внутреннего жира, кг	17,91±0,241	18,33±0,215	18,90±0,209*
Выход внутреннего жира, %	3,49±0,158	3,55±0,167	3,64±0,132
Убойная масса, кг	309,4±2,16	311,5±2,08	313,5±1,98
Убойный выход, %	60,29±0,354	60,34±0,379	60,4±0,387

Примечание: * - $P \leq 0,05$ по сравнению с I группой

Таблица 2. Морфологический состав туши подопытных бычков абердин-ангусской породы в зависимости от уровня эстрадиола в сыворотке крови
Table 2. Morphological composition of carcasses of experimental Aberdeen-Angus bulls depending on the blood serum estradiol levels

Показатели	Группа		
	I	II	III
Масса: охлажденной туши, кг	286,2±2,58	289,6±2,81	292,1±2,85
мякоти, кг	229,5±2,89	232,4±3,16	234,8±2,75
Выход мякоти, %	80,20±0,232	80,26±0,258	80,39±0,275
Масса костей, кг	46,69±0,286	47,14±0,258	47,95±0,286*
Выход костей, %	16,31±0,142	16,28±0,131	16,41±0,156
Масса сухожилий и связок, кг	9,96±1,65	10,02±1,89	9,79±1,75
Выход сухожилий и связок, %	3,48±0,224	3,46±0,242	3,35±0,234
Индекс мясности, ед	4,92±0,116	4,93±0,123	4,50±0,312

Примечание: * - $P \leq 0,05$ по сравнению с I группой

Таблица 3. Химический состав средней пробы мяса бычков абердин-ангусской породы в зависимости от уровня эстрадиола в сыворотке крови
Table 3. Chemical composition of average meat sample of experimental Aberdeen-Angus bulls depending on the blood serum estradiol levels

Показатели	Группа		
	I	II	III
Сухое вещество, %	32,07±0,162	31,82±0,154	32,34±0,147
Протейн, %	18,69±0,191	18,33±0,199	18,51±0,214
Жир, %	12,31±0,153	12,48±0,179	12,83±0,165*
Зола, %	1,07±0,075	1,01±0,066	1,00±0,068
Синтезировано в мякоти, кг			
протеина	42,90±0,977	42,61±1,23	43,47±1,17
жира	28,26±0,257	29,01±0,297	30,13±0,311**
Энергетическая ценность 1 кг мякоти, МДж	8,00±0,176	8,01±0,165	8,17±0,151
Энергетическая ценность всей мякоти туши, МДж	1836,7±18,15	1860,9±17,85	919,3±18,26**

Примечание: * - $P \leq 0,05$; ** - $P \leq 0,01$ по сравнению с I группой

Материалы и методы исследований. Исследования выполнены на бычках абердин-ангусской породы в возрасте 18 мес. ($n=50$). Животные в зависимости от уровня эстрадиола в сыворотке крови процентильным методом были разделены на три группы: I группа – до 25 перцентиля ($n=15$); II группа – в границах 25–75 перцентилей ($n=25$); III группа – выше 75 перцентиля ($n=15$). Основанием выбора данных интервалов послужили ранее проведенные исследования [11]. Условия кормления и содержания для всех обследованных животных были идентичными [12].

Образцы крови (9 мл) у отбирали брали утром из хвостовой вены в течении трех дней подряд. Сыворотку крови отделяли центрифугированием образцов в течении 10 мин при скорости 1000 об/мин. Для изучения мясных качеств бычков был проведен контрольной убой в возрасте 18 мес. При этом определяли предубойную живую массу, массу и выход парной туши, массу и выход внутреннего жира-сырца, убойную массу. На основании результатов обвалки и жиловки полутуши устанавливали абсолютную массу и выход съедобной части (мякоти), в том числе мышечной и жировой ткани, а также несъедобной части: костей, хрящей и сухожилий. Расчетным путем устанавливали индекс мясности туши (выход мякоти на 1 кг костей), выход мякоти на 100 кг предубойной живой массы, на 1 кг несъедобной части туши, выход мышечной ткани на 1 кг костей, на 100 кг предубойной живой массы, соотношение мышечной и жировой тканей. При этом определяли массовую долю влаги, протеина и жира. В длиннейшей мышце спины

дополнительно устанавливали содержание полноценных белков (по триптофану) и неполноценных (по оксипролину). При изучении аминокислотного состава тканей учитывается массовая доля аргинина, лизина, метионина, тирозина, фенилаланина, гистидина, лейцин-изолейцина, валина, пролина, треонина, серина, аланина и глицина. При подготовке тканей материал гомогенизировали (TissueLyser LT, "Qiagen N.V.", Германия), высушивали при 60–70 °С. Исследуемые образцы подвергали кислотному или щелочному (только для определения триптофана) гидролизу при температуре 110 °С в течение 14–16 ч. По окончании кислотного гидролиза пробы фильтровали (обеззоленные медленно фильтрующие фильтры "синяя лента", ООО "МЕЛИОР XXI", Россия), после щелочного гидролиза фильтрацию не проводили. Гидролизаты смешивали с реактивами (карбонат натрия, АО "Башкирская содовая компания", Россия; фенилизотионидат, "Shandong Hailan Chemical Industry Co., Ltd", Китай) и выпаривали в струе теплого воздуха. Сухой остаток разводили в дистиллированной воде (0,5 мл) и центрифугировали (5 мин, 5000 об/мин). Полученную надосадочную жидкость исследовали методом капиллярного электрофореза с использованием системы Капель (ООО "Люмэкс-Маркетинг", Россия; ГОСТ 55569-2013). Содержание эстрадиола определяли в сыворотке крови методом ИФА при помощи автоматического микропланшетного анализатора. Концентрацию оксипролина и триптофана в образцах мяса определяли методом капиллярного электрофореза с использованием системы Капель (ООО "Люмэкс-Маркетинг", Россия; ГОСТ 55569-2013). Лабораторные исследования выполнялись в центре коллективного пользования ФНЦ БСТ РАН, Оренбург, Россия.

Полученные данные были подвергнуты статистической обработке с использованием пакета программ "Statistica 10.0" ("Stat Soft Inc.", США). Оценку статистической значимости различий между группами проводили с помощью *t*-критерия Стьюдента.

Результаты и обсуждение

Фактические различия между группами бычков по концентрации эстрадиола в сыворотке крови представлены на рисунке 1.

Сравнительный анализ показал, что в сыворотке бычков I группы содержалось 0,124 нмоль/л эстрадиола, что на 7,1 ($P \leq 0,01$) и 14,79 % ($P \leq 0,001$) меньше по сравнению со II и III группой. При этом диапазон концентраций эстрадиола в сыворотке крови бычков I группы находился в пределах от 0,131 до 0,148 нмоль/л, II от 0,150 до 0,162 нмоль/л, III группы от 0,164 до 0,175 нмоль/л.

Результаты контрольного убоя подопытных бычков показали, что концентрация гормона эстрадиола практически не оказывала влияние на выход продуктов убоя. Исключением являлся показатель "Масса внутреннего жира, кг", самые высокие значения которого, фиксировались у животных с максимальным уровнем содержания эстрадиола в сыворотке крови (табл. 1).

Из полученных данных видно, что по накоплению жира в тушах животные III группы превосходили сверстников из I группы на 5,5 % ($P \leq 0,01$). При этом следует отметить, что увеличение фактической массы внутреннего жира происходило соразмерно с увеличением предубойной массы, что обусловило отсутствие достоверной разницы по относительному выходу внутреннего жира, средние значения которого находились в пределах 3,49–3,64 %, с некоторым превосходством особей с максимальным содержанием эстрадиола в сыворотке крови.

Известно, что по мере роста организма животного изменяется соотношение компонентов, составляющих съедоб-

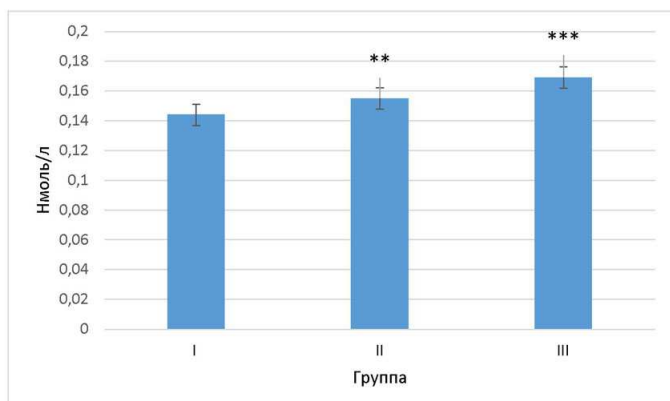


Рисунок 1. Концентрация эстрадиола в сыворотке крови бычков абердин-ангусской породы по группам, нмоль/л
Figure 1. Estradiol concentration in blood serum of Aberdeen-Angus bulls by groups, nmol/l

Прим/: ** - $P \leq 0,01$; *** - $P \leq 0,001$ по сравнению с I группой

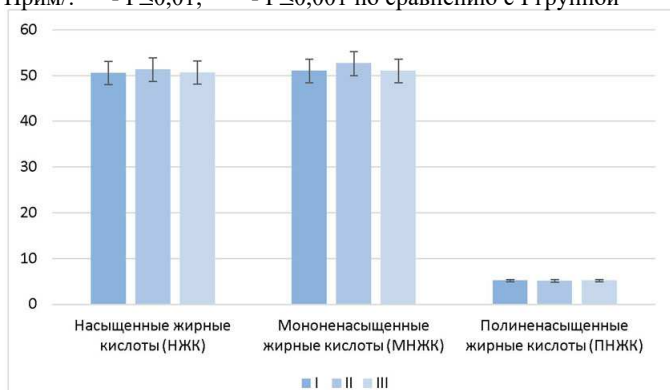


Рисунок 2. Суммарное содержание жирных кислот в длиннейшей мышце спины бычков абердин-ангусской породы в зависимости от уровня эстрадиола в сыворотке крови
Figure 2. Total fatty acid content in Longissimus dorsi muscle of experimental Aberdeen-Angus bulls depending on the blood serum estradiol levels

Таблица 4. Химический состав длиннейшей мышцы спины бычков абердин-ангусской породы в зависимости от уровня эстрадиола в сыворотке крови
Table 4. Chemical composition of Longissimus dorsi muscle of experimental Aberdeen-Angus bulls depending on the blood serum estradiol levels

Показатели	Группа		
	I	II	III
Сухое вещество, %	4,83±0,127	24,85±0,133	24,83±0,164
Протеин, %	21,81±0,175	21,72±0,212	21,69±0,174
Жир, %	2,02±0,125	2,07±0,131	2,15±0,156
Протеин, %	0,998±0,083	1,06±0,075	0,993±0,082
pH	5,59±0,117	5,61±0,121	5,55±0,114
Влагоёмкость, %	55,12±0,267	55,37±0,328	54,95±0,362

Таблица 5. Аминокислотный состав длиннейшей мышцы спины бычков абердин-ангусской породы в зависимости от уровня эстрадиола в сыворотке крови
Table 5. Amino acid composition of Longissimus dorsi muscle of experimental Aberdeen-Angus bulls depending on the blood serum estradiol levels

Аминокислоты	Группа		
	I	II	III
Аргинин	6,28±0,234	6,46±0,198	6,11±0,209
Лизин	8,15±0,0759	8,25±0,0683	8,17±0,1212
Тирозин	2,63±0,0382	2,54±0,0315*	2,51±0,056*
Фенилаланин	3,27±0,0411	3,28±0,0487	3,29±0,0502
Гистидин	2,55±0,0315	2,58±0,0351	2,51±0,0427
Лейцин+Изолейцин	8,76±0,116	9,13±0,119*	9,04±0,191
Метионин	1,87±0,0448	1,93±0,0482	1,99±0,0554*
Валин	3,94±0,0489	3,89±0,0457	4,01±0,0595
Пролин	4,07±0,0547	4,22±0,0489*	4,28±0,515
Треонин	4,08±0,0212	4,05±0,031	4,09±0,0487
Серин	3,31±0,0487	3,26±0,039	3,37±0,0405
Аланин	6,24±0,0409	6,32±0,0354	6,12±0,0406*
Глицин	3,87±0,0785	3,74±0,0698	4,01±0,0593
Триптофан, мг/%	371,5±2,79	365,2±3,58	361,2±3,43*
Окспролин, мг/%	54,25±0,531	53,98±0,522	52,42±0,526*
Белково-качественный показатель, ед	6,8±0,087	6,8±0,091	6,9±0,072

Примечание: * - $P \leq 0,05$ по сравнению с I группой

Таблица 6. Жирнокислотный состав длиннейшей мышцы спины бычков абердин-ангусской породы в зависимости от уровня эстрадиола в сыворотке крови
Table 6. Fatty acid composition of Longissimus dorsi muscle of experimental Aberdeen-Angus bulls depending on the blood serum estradiol levels

Кислоты	Группа		
	I	II	III
Насыщенные жирные кислоты (НЖК)			
Пальмитиновая (C _{16:0})	26,39±0,187	27,24±0,284*	27,31±0,203*
Стеариновая (C _{18:0})	21,18±0,351	20,97±0,315	20,573±0,389
Миристиновая (C _{14:0})	2,98±0,0821	3,15±0,0683	3,01±0,0719
Мононенасыщенные жирные кислоты (МНЖК)			
Миристолеиновая (C _{14:1})	3,85±0,176	3,54±0,154	3,76±0,165
Пальмитолеиновая (C _{16:1})	3,98±0,0685	4,03±0,0675	3,75±0,0611*
Олеиновая (C _{18:1})	43,22±0,385	45,09±0,497*	43,54±0,474
Полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК)			
Линолевая (C _{18:2})	3,08±0,072	2,99±0,0613	3,14±0,0685
Линоленовая (C _{18:3})	0,504±0,0583	0,603±0,0519	0,587±0,0614
Арахидоновая (C _{20:4})	1,61±0,0418	1,54±0,0514	1,47±0,0378*

Примечание: * - $P \leq 0,05$ по сравнению с I группой

ную часть туши, то есть с увеличением живой массы повышается убойный выход и выход туши, способствуя тем самым большему процентному содержанию общего количества съедобного мяса. При этом доля мышечной ткани несколько снижается, а жировой – повышается. С целью получения представления о процессах происходящих в тушах подопытных бычков, необходимо изучение их морфологического состава, который в большей степени характеризует их мясные качества (табл. 2).

Результаты оценки морфологического состава туш показали, что бычки III группы опережали сверстников из контрольной группы массе костей на 2,4 % ($P \leq 0,05$).

Результаты оценки контрольных образцов мяса-фарша подопытных бычков представлены в таблице 3.

Было установлено, что бычки с максимальным уровнем эстрадиола в сыворотке крови превосходили животных с минимальными значениями этого показателя по относительному и фактическому накоплению жира 0,52 ($P \leq 0,05$) и 6,6 % ($P \leq 0,01$), соответственно. Высокое содержание жира в мясе фарше полученного от бычков III группы, закономерно отразилось на энергетической ценности мякоти туши. Так, по величине этого показателя бычки III группы превосходили особей из I группы на 4,50 % ($P \leq 0,01$).

При изучении химического состава туши особое внимание уделяют исследованию отдельных мышц. Как правило в подавляющем большинстве случаев, для этого проводят анализ длиннейшей мышцы спины, который наиболее объективно отражает качественные характеристики мышечной ткани всей туши. Химический состав длиннейшей мышцы спины бычков абердин-ангусской породы в зависимости от уровня эстрадиола в сыворотке крови представлен в таблице 4.

Анализ полученных данных показал, что уровень эстрадиола не оказал значительного влияния на химический состав длиннейшей мышцы спины, хотя и отмечалась незначительная тенденция к повышению относительного содержания жира по мере увеличения концентрации в сыворотке крови от меньшего к большому.

Пищевая ценность мяса во многом определяется такими факторами как, аминокислотный и жирнокислотный состав. В связи с этим полную характеристику его качества можно дать лишь на основании оценки этих показателей. В нашем эксперименте установлено, что аминокислотный состав длиннейшей мышцы спины изменялся в зависимости от концентрации эстрадиола в сыворотке крови (табл. 5).

Как видно из полученных данных уровень эстрадиола имел неоднозначное влияние на изменение аминокислотного состава длиннейшей мышцы спины у подопытных бычков. Остановившись на отдельных аспектах следует отметить, что по мере увеличения уровня эстрадиола от минимального (I группа) к среднему (II группа) происходило снижение уровня пролина

– на 4,05 % ($P \leq 0,05$) и комплекса аминокислот лейцин+изолейцин – на 3,55 % ($P \leq 0,05$). При этом максимальный уровень эстрадиола в сыворотке крови был сопряжен с достоверным увеличением концентрации метионина – на 6,42 % ($P \leq 0,05$), что фиксировалось на фоне относительно низких концентраций аланина, триптофана и оксипролина. Единственным устойчивым трендом в данном случае являлось поэтапное снижение уровня тирозина, средние значения концентрации которой снижались у животных II и III групп относительно I группы на 3,4 ($P \leq 0,05$) и 4,56 % ($P \leq 0,05$), соответственно.

С целью получения представления о биологической ценности мяса, полученного от бычков, нами был рассчитан белково-качественный показатель, который определяется по соотношению триптофана и оксипролина в длиннейшей мышце спины. В результате установлено, не смотря на отмеченную разницу в концентрациях указанных аминокислот, величина белково-качественного показателя в разрезе изучаемых групп не имела достоверных различий и находилась в пределах 6,8–6,9 единиц, что характерно для животных мясных пород.

Оценка жирнокислотного состава длиннейшей мышцы спины показала, что вариабельность данного показателя значительно определялась под действием уровня эстрадиола в сыворотке крови (табл. 6).

Так, средний уровень концентрации эстрадиола в сыворотке крови ассоциировался с большим содержанием в структуре липидов ткани длиннейшей мышцы олеиновой кислоты – на 4,33 % ($P \leq 0,05$). Дальнейшее увеличение уровня эстрадиола, замедляло синтез пальмитиновой кислоты на 5,78 % ($P \leq 0,05$) и арахидоновой – на 8,70 % ($P \leq 0,05$). Следует отметить, что как во II, так и в III группах, рост уровня концентрации эстрадиола в сыворотке крови сопровождался увеличением синтеза ненасыщенной пальмитиновой кислоты на величину 3,22 % ($P \leq 0,05$) и 3,49 % ($P \leq 0,05$), соответственно по отношению к I группе.

Результаты суммарного содержания жирных кислот в длиннейшей мышце спины бычков абердин-ангусской породы в зависимости от уровня эстрадиола в сыворотке крови представлены на рисунке 2.

Как видно из полученных данных, разница по содержанию отдельных жирных кислот наблюдаемая по мере увеличения уровня эстрадиола в сыворотке крови не оказала достоверного влияния на общее накопление ненасыщенных, мононасыщенных и полинасыщенных кислот в мясе.

Выводы

Таким образом можно констатировать, что уровень эстрадиола в сыворотке крови бычков абердин-ангусской породы не оказывает значительного влияния на показатели мясной продуктивности. Вместе с тем, отмечено влияние уровня эстрадиола на показатели жирового обмена, что выражалось в увеличении массы внутреннего жира и повышении относительного содержания жира, на фоне роста энергетической ценности мякоти туши. Так же отмечался неоднозначный характер влияния уровня эстрадиола на аминокислотный и жирнокислотный состав длиннейшей мышцы спины с устойчивой тенденцией роста синтеза ненасыщенной пальмитиновой кислоты и снижением уровня заменимой аминокислоты - тирозина.

сыщенной пальмитиновой кислоты и снижением уровня заменимой аминокислоты - тирозина.

Исследования проведены при финансовой поддержке Российского научного фонда по проекту № 24-16-00093

Литература

1. Evans H.C., Briggs E.F., Burnett R.H., Contreras-Correa Z.E., Duvic M.A., Dysart L.M., Gilmore A.A., Messman R.D., Reid D., Rasit Ugur M., Kaya A., Memili E. Harnessing the value of reproductive hormones in cattle production with considerations to animal welfare and human health // *J Anim Sci*. 2022. Vol. 100(7). P. 177. doi: 10.1093/jas/skac177.
2. Flores J., Garcla J. E., Mellado J., Gaytan L., de Santiago A., Mellado M.. 2019. Effect of growth hormone on milk yield and reproductive performance of subfertile Holstein cows during extended lactations // *Spanish J. Agric. Res*. Vol. 17(11). doi: 10.5424/sjar/2019171-13842.
3. Levakhin V.I., Gorlov I.F., Azhmuldinov E.A., Levakhin Yu.I., Duskaev G.K., Zlobina E.Yu., Karpenko E.V. Change in physiological parameters of calves of various breeds under the transport and preslaughter stress // *Nusantara Bioscience*. 2017. Vol. 9(1). P. 1-5. doi: 10.13057/nusbiosci/n090101
4. Zavyalov O.A., Frolov A.N., Medetov E.S., Aldyyarov T.B., Sycheva I.N. Effect of the level of somatotropin hormone in blood serum on the meat productivity of Aberdeen angus bulls // *BIO Web of Conferences*. 2024. Vol. 121. 02009. doi: https://doi.org/10.1051/bioconf/202412102009
5. Калинин С.Ю., Тюзиков И.А. Практическая андрология. М.: Практическая медицина. 2009. 400 с.
6. T'ke J., Czirjak G., Bezzegh A. et al. Effects and significance of estradiol in men // *Orv Hetil*. 2014. Vol. 155(23). P. 891-896.
7. Зубкова Л.И., Москаленко Л.П., Гангур В.Я. Воспроизводство крупнорогатого скота [Текст]: монография/Ярославль: ФГБОУ ВПО "Ярославская ГСХА". 2012. 150 с.
8. Tyuzikov I.A., Kalinchenko S.Yu., orslov L.O., Tishova Yu.A. The role of estrogens at men. Part 1. General and developmental endocrinology, physiology and pathophysiology of estrogens at men // *Andrology and Genital Surgery*. 2014. Vol. 15(4). P. 8-13. doi: https://doi.org/10.17650/2070-9781-2014-4-8-13
9. Abilov A. I., Eskin G. V., Kombarova N. A. Blood estradiol level in bull sires influences sperm // *Agricultural biology*. 2016. Vol. 51 № 6, P. 830-836. doi: 10.15389/agrobiology.2016.6.830eng
10. Chacur M.G.M., Mizusaki K.T., Gabriel Filho L.R.A., Oba E., Ramos A.A. Seasonal effects on semen and testosterone in Zebu and Taurine bulls // *Acta Scientiae Veterinariae*. 2013. Vol. 41. P. 1110.
11. Miroshnikov S., Zavyalov O., Frolov A., Bolodurina I., Skalny A., Kalashnikov V., Grabeklis A., Tinkov A. The Reference Intervals of Hair Trace Element Content in Hereford Cows and Heifers (*Bos Taurus*) // *Biological trace element Research*. 2017. № 180(1). P. 56-62. https://doi.org/10.1007/s12011-017-0991-5
12. Калашников, А.П., Фисинин, В.И., Щеглов, В.В., Первов, Н.Г., Клейменов, Н.И., Стрекозов, Н.И., Кальницкий, Б.Д., Егоров, И.А., Махаев, Е.А., Двалишвили, В.Г., Калашников, В.В., Владимиров, В.Л., Груздев, Н.В., Мысик, А.Т., Балакирев, Н.А., Фицев, А.И., Кирилов, М.П., Крохина, В.А., Науменко, П.А., Воробьева, С.В. и др. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных. 2003. Москва. Издательство "Знание". ISBN: 5-94587-093-5. 456 с.

References

1. Kalinchenko S.YU., Tyuzikov I.A. Prakticheskaya andrologiya. M.: Prakticheskaya medicina. 2009. 400 s
2. Zubkova L.I., Moskalenko L.P., Gangur V.YA. Vosproizvodstvo krupnoroogatogo skota [Tekst]: monografiya/Yaroslavl': FGBOU VPO "Yaroslavskaya GSKHA". 2012. 150 s.
3. Kalashnikov, A.P., Fisinin, V.I., Shcheglov, V.V., Pervov, N.G., Klejmenov, N.I., Strekozov, N.I., Kal'nickij, B.D., Egorov, I.A., Makhaev, E.A., Dvalishvili, V.G., Kalashnikov, V.V., Vladimirov, V.L., Gruzdev, N.V., Mysik, A.T., Balakirev, N.A., Ficev, A.I., Kirilov, M.P., Krokхина, V.A., Naumenko, P.A., Vorob'eva, S.V. i dr. Normy i raciony kormleniya sel'skokhozyajstvennykh zhivotnykh. 2003. Moskva. Izdatel'stvo "ZnaniE". ISBN: 5-94587-093-5. 456 s.

Публикуется на принципах открытого доступа
Published under an open access license
Creative Commons Attribution 4.0 International License.

DOI CrossRef:10.30917/ATT-VK-1814-9588-2025-1-10
УДК: 619:616-001.4

Возможности применения секретома ММСК для стимуляции остеорепарации: экспериментальное исследование



Кузнецова М.А.

Кузнецова М.А., ассистент кафедры анатомии и гистологии животных имени профессора А.Ф. Климова, kuznetsova_mv@mail.ru

Борхунова Е.Н., доктор биологических наук, заведующий кафедрой анатомии и гистологии животных имени профессора А.Ф. Климова, borhunova@mail.ru

Степаншин В.В., кандидат биологических наук, доцент кафедры анатомии и гистологии животных имени профессора А.Ф. Климова. stepanishin.victor@yandex.ru

Полябин С.В., доктор ветеринарных наук, профессор, ректор академии, заведующий кафедрой ветеринарной хирургии, jippo77@mail.ru

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К.И. Скрябина", г. Москва

Ключевые слова: секретом, репаративный остеогенез, ММСК, костная ткань, морфология

Резюме. В статье представлены результаты экспериментального исследования остеорепарации, протекающей под действием секретома мультипотентных мезенхимальных стромальных клеток (ММСК). В эксперименте были исследованы белые беспородные крысы, подобранные по методу аналогов, распределенные в контрольную (при естественном заживлении) и опытную (с применением секретома ММСК) группы с нанесением дефекта в области диафиза бедренной кости. Животных выводили из эксперимента путем передозирования наркоза на 7-е, 14-е и 90-е сутки. На

Для цитирования / For citation

Возможности применения секретома ММСК для стимуляции остеорепарации: экспериментальное исследование / Кузнецова М.А. [и др.] // Ветеринария и кормление. – 2025. – №1. – С.48–53.

Kuznetsova M.A. [et. al.]//Possibilities of MMSC secretome application for osteorepair stimulation: an experimental study. // Veterinaria i kormlenie. – 2025. – #1. – P.48–53.

Possibilities of MMSC secretome application for osteorepair stimulation: an experimental study

Kuznetsova M.A., Borhunova E.N., Stepanishin V.V., Pozyabin S.V.

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology - MVA named after K.I. Skryabin", Moscow

Key words: secretome, reparative osteogenesis, MMSCs, bone tissue, morphology

Abstract. The article presents the results of the experimental study of osteoreparation under the action of multipotent mesenchymal stromal cells (MMSC) secretome. White mongrel rats, distributed into control (natural healing) and experimental (with application of MMSCs secretome) groups with application of a defect in the diaphysis region of the femur were studied in the experiment. The animals were taken out of the experiment by anesthesia overdosing on the 7th, 14th and 90th days. On the basis of light and scanning electron microscopy methods it was shown that in the experimental group when secretome was used in comparison with the control by the 7th day there was more active vascularization and more pronounced stimulation of reparative osteogenesis, which was manifested by the formation of a developed network of bone trabeculae and in the connective tissue between the edges of the bone defect. By 14 days, in the experimental group in comparison with the control group there is a better consolidation of bone trabeculae of the regenerate with the defect edges and abundant vascularization, and in 90 days the regenerate has signs of histotypic structure. Morphological data positively correlate with the results of blood biochemical studies and computer tomographic data. MMSCs secretome stimulates reparative osteogenesis and leads to earlier defect closure and more active remodeling of the regenerate, which acquires a structure close to the histotypic structure. The established correlations between the study of histological characteristics of bone regenerate and densitometric indices of bone tissue and can serve as criteria for assessing reparative regeneration in experiment and clinical practice.

основании методов световой и сканирующей электронной микроскопии показано, что в опытной группе при использовании секретома по сравнению с контролем к 7-м суткам, происходит более активная васкуляризация области дефекта и более выраженная стимуляция репаративного остеогенеза, что проявляется формированием развитой сети костных трабекул на эндостальной поверхности кости и в соединительной ткани между краями костного дефекта. К 14-ти суткам, в опытной группе по сравнению с контрольной группой отмечается лучшая консолидация костных трабекул регенерата с краями дефекта и обильная васкуляризация, а через 90 суток регенерат имеет признаки гистотипического строения. Морфологические данные положительно коррелируют с результатами биохимических исследований крови и компьютерно-томографическими данными. Полученные результаты свидетельствуют, что применение секретома ММСК стимулирует репаративный остеогенез и

приводит к более раннему, по сравнению с естественным заживлением, закрытию дефекта и более активному ремоделированию регенерата, который приобретает строение, близкое к гистотипическому строению. Полученные данные позволяют предположить, что костная ткань образцов опытной группы с применением исследуемого секрета обладает большей прочностью, по сравнению с контрольной. Установленные корреляции между исследованием гистологической характеристики костного регенерата и денситометрическими показателями костной ткани и могут выступать в качестве критериев оценки репаративной регенерации в эксперименте и клинической практике.

Введение

Поиск оптимального способа лечения костных дефектов остается актуальной задачей биологии, медицины и ветеринарии. Несмотря на большое количество методов и средств, имеющих для этого в арсенале врача, нередко остеорепарация завершается неполноценно и приводит к ограничению функциональной пригодности травмированной области пациента, что неизбежно снижает качество жизни. Классические методы лечения, например, ауто- и аллотрансплантация, применение биокерамики, сложных композитов, в том числе синтетических, обладают ограничениями, в первую очередь связанными с возможностью инфицирования, а также недостаточной остеоинтеграцией и биосовместимостью, что влечет за собой риск отторжения [1, 3, 8, 10, 12, 16].

В настоящее время исследуется возможность применения препаратов регенеративной медицины, которые на местном уровне стимулируют собственные прогениторные клетки организма, приводя к активизации репаративных процессов. Особое внимание сейчас уделяется секретому (кондиционной среде) мультипотентных мезенхимальных стромальных клеток (ММСК), который содержит естественный набор провоспалительных и противовоспалительных цитокинов, способствующих оптимизации течения всех стадий воспаления и репаративной регенерации тканей [2, 3, 4, 5, 6, 15]. Известно, что секретом ММСК стимулирует неоангиогенез, обладает иммуномодулирующим, про- и противовоспалительным действием за счет цитокинов, хемокинов, факторов роста и внеклеточных везикул, содержащихся в его составе [2, 6, 15]. В доступной литературе обнаружены сведения о применении секрета ММСК для лечения желудочно-кишечных, онкологических, кожных заболеваний, ишемической болезни сердца, аутоиммунных заболеваний, остеоартрита [2, 10, 12, 13, 14]. Однако исследования, посвященные изучению действия секрета ММСК на репаративную регенерацию костной ткани, единичны [3, 5, 13, 14]. Кроме того, в них чаще всего используются нестандартизированные секреты, каждая новая партия которых имеет отличия от предыдущих [13, 16].

Секретом, используемый в наших исследованиях, является стандартизированной кондиционной средой, содержащей комплекс цитокинов мезенхимальных стволовых (стромальных) клеток [9]. Цитокины – IL-6, IP-10, IL-10, GRO/KC и TGF-β обладают про- и противовоспалительным действием, оказывают стимулирующее влияние на движение макрофагов, нейтрофилов, фибробластов, моноцитов, лимфоцитов и эндотелиальных клеток в очаг поражения. Эти цитокины участвуют в регуляции воспалительного процесса на всех его этапах, а также активируют каскад синтеза других цитокинов и медиаторов иммунитета. Цитокины VEGF, GRO/KC и TGF-β увеличивают сосудистую проницаемость и стимулируют пролиферацию и миграцию эндотелиальных клеток, что приводит к образованию новых кровеносных сосудов и росту капиллярной сети в области

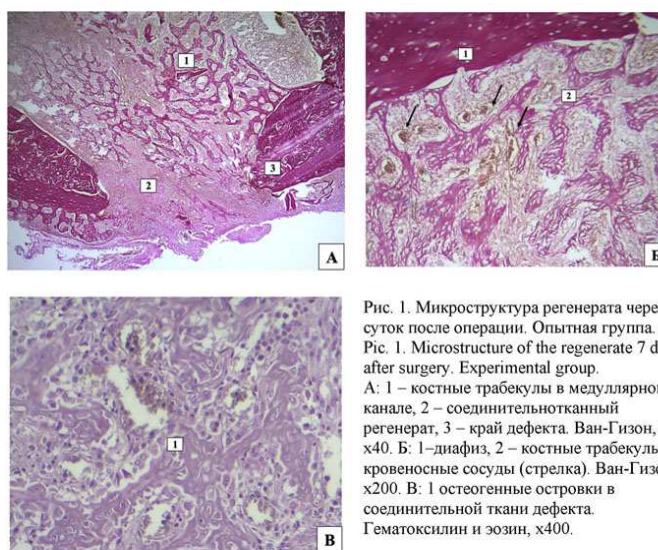


Рис. 1. Микроструктура регенерата через 7 суток после операции. Опытная группа. Рис. 1. Microstructure of the regenerate 7 days after surgery. Experimental group. A: 1 – костные трабекулы в медуллярном канале, 2 – соединительнотканый регенерат, 3 – край дефекта. Ван-Гизон, x40. Б: 1 – диафиз, 2 – костные трабекулы, кровеносные сосуды (стрелка). Ван-Гизон, x200. В: 1 остеогенные островки в соединительной ткани дефекта. Гематоксилин и эозин, x400.

поражения. Цитокины IL-6, VEGF и TGF-β, стимулируют процессы регенерации, способствуют пролиферации и повышают жизнеспособность клеток, например, клеток эпителия и фибробластов, активизируя их миграцию в область поражения [2, 4]. Данный секретом показал высокую эффективность в экспериментальных исследованиях и в клинической практике при повреждениях роговицы, ранах кожи и повреждениях сухожилий [7, 8, 11]. Однако сведения о научном обосновании его использования для стимуляции репаративного остеогенеза единичны [3, 5].

В связи с этим целью нашего исследования – выявить особенности репаративной регенерации в условиях применения секрета ММСК на модели индуцированного дефекта диафиза бедренной кости.

Материалы и методы исследования

Исследование проведено на базе кафедры анатомии и гистологии животных имени профессора А.Ф. Климова ФГБОУ ВО "Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К.И. Скрябина", компьютерная томография на базе ЛДВЦ МВА ФГБОУ ВО МГАВМиБ – МВА имени К.И. Скрябина,

Таблица 1. Результаты биохимических исследований крови крыс на 7-е сутки

Table 1. Results of biochemical studies of blood of rats on the 7th day

Показатель	Группы	
	Контроль (n=10)	Опыт (n=10)
Щелочная фосфатаза, Ед/л	147±17	234 ±34*
Кальций, ммоль/л	2,54 ± 0, 15	2,53 ± 0, 13
Фосфор, ммоль/л	2,27±0,16	3,13±0,32*

* Статистически значимые отличия группы опыт от контрольной группы (p≤0,05)

Табл. 2. Показатели денситометрической плотности кости в области репарации в опытной и контрольной группах, НУ

Срок эксперимента	Опыт	Контроль
14 суток	338,3 ± 32,9*	272,3 ± 16,4
90 суток	996,9 ± 10,3*	857,9 ± 27,7
Контроль	1500 ± 250	

* Статистически значимые отличия группы опыт от контрольной группы (p≤0,05)

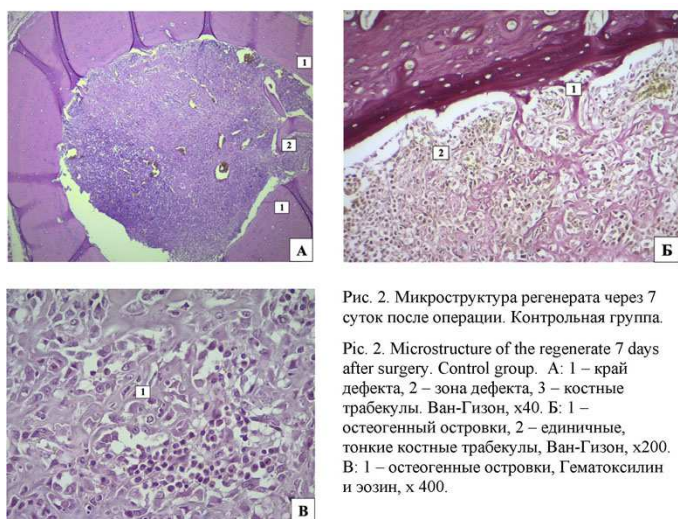


Рис. 2. Микроструктура регенерата через 7 суток после операции. Контрольная группа.

Рис. 2. Microstructure of the regenerate 7 days after surgery. Control group. А: 1 – край дефекта, 2 – зона дефекта, 3 – костные трабекулы. Ван-Гизон, х40. Б: 1 – остеогенный островки, 2 – единичные, тонкие костные трабекулы, Ван-Гизон, х200. В: 1 – остеогенные островки, Гематоксилин и эозин, х 400.

сканирующая электронная микроскопия на базе ФГБУН ИПЭЭ имени А. Н. Северцова РАН. Секретом для исследования предоставлен ООО "Т-Хелпер Клеточные технологии". Объектом исследования явились крысы белые беспородные (самцы, 180 гр.) подобранные по методу аналогов. Животные содержались в условиях вивария с соблюдением зооигиенических норм, а все манипуляции проводили согласно "Европейской конвенции о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях" (Страсбург, 18 марта 1986 г. ETS №123).

Использованный в работе секретом зарегистрирован в России в 2017 году как регенеративный препарат на основе кондиционированной среды мезенхимальных стволовых (стромальных) клеток – Репарин-Хелпер® (ООО Т-Хелпер Клеточные Технологии, Москва, Россия). Он содержит стандартизированный комплекс цитокинов мезенхимальных стволовых клеток [9].

Животных случайным образом распределяли в контрольную и опытную группы. В контрольной группе (n=30) после моделирования костного дефекта операционную рану орошали раствором NaCl 0,9% (0,2 мл) и выдерживали экспозицию 1 минуту. В опытной группе (n=30) после моделирования костного дефекта операционную рану орошали секретом ММСК (0,2 мл) и выдерживали экспозицию 1 минуту. В опытной группе препарат повторно вводили на 7-е сутки эксперимента (параоссально). Для подтверждения эффекта стимуляции остеорепарации на ранних сроках опыта проведены биохимические исследования крови по показателям щелочной фосфатазы, кальция и фосфора. Для выявления корреляций между морфологическими и визуальными-диагностическими показателями проводили исследования методом компьютерной томографии. Животных выводили из эксперимента путем передозирования наркоза на 7-е, 14-е и 90-е сутки.

Для гистологических исследований материал фиксировали в 10% растворе нейтрализованного формалина, затем после фиксации промывали в проточной воде и подвергали деминерализации в течение 3–4 суток по стандартной схеме. Далее образцы обезвоживали с помощью дегидратирующего раствора "Изопреп" и заливали в парафин по общепринятой методике. Изготовление гистологических срезов осуществляли с помощью микротомы LEICA RM 2235. Срезы толщиной 4–5 мкм окрашивали гематоксилином и эозином, аляциановым синим и по Ван-Гизон. Микропрепараты изучали с помощью микроскопа Microscreen, совмещенного с цифровой системой визуализации и микрофото съемки объектов.

Материал для исследования методом сканирующей электронной микроскопии подвергали деорганификации с помощью раствора гипохлорита марки А. Далее образцы отмывали в дистиллированной воде и проводили дегидратацию в этиловом спирте восходящих концентраций (30%, 50%, 70%, 85%, 96%, 2 смены), затем помещали в смесь спирта и ацетона 1:1, проводили через 3 смены чистого ацетона. После дегидратации производили сушку в критической точке на аппарате Leica EM CPD300 (Leica Microsystems, Germany), напыляли золотом на установке S150A Sputter Coater (Edwards, UK). Изучение материала производили на сканирующем электронном микроскопе TESCAN MIRA 3 LMN (TESCAN, Czech Republic), оснащенном системой энергодисперсионного анализа AZtecOne X-act (Oxford Instruments, UK) с катодом Шоттки.

Электроннограммы для микроморфологических исследований были сделаны в Центре коллективного пользования "Инструментальные методы в экологии" ИПЭЭ им. А.Н. Северцова РАН в Кабинете электронной микроскопии.

Компьютерную томографию проводили на аппарате Siemens Somatom go. Now (настройки: kV130; mA97; фильтр протоколов исследований Br60; толщина срезов в исследованиях 0,6 мм, шаг между срезами 0,3 мм; Пич фактор 0,6).

Биохимические исследования крови проводили на автоматическом биохимическом анализаторе IDEXX VetTest (США), определяя содержание в сыворотке крови щелочной фосфатазы, кальция и фосфора.

Результаты исследований и их обсуждение

При изучении образцов опытной и контрольной групп выявлены отличия в течении репаративной регенерации.

На 7-е сутки при гистологических исследованиях в опытной группе отчетливо визуализировали область дефекта, заполненную соединительной тканью с единичными остеогенными островками (Рис. 1). Перифокально от дефекта определяли умеренную периостальную реакцию, которая проявлялась формированием субпериостальной сети костных трабекул. Примечательны признаки репаративного остеогенеза, ярко выраженные в медулярном канале. Так, сеть вновь образованных костных трабекул определя-

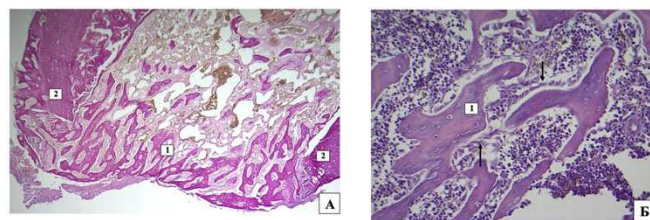


Рис. 3. Микроструктура регенерата через 14 суток после операции. Опытная группа. Рис. 3. Microstructure of the regenerate 14 days after surgery. Experimental group А – общий вид: 1 – регенерат, 2 – края дефекта. Ван-Гизон, х40. Б: 1 – костные трабекулы из ретикулофиброзной костной ткани, видны многочисленные остеобласты (стрелка). Гематоксилин и эозин, х 400.

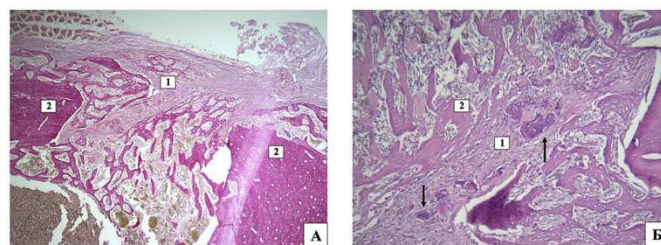


Рис. 4. Микроструктура регенерата через 14 суток после операции. Контрольная группа. Рис. 4. Microstructure of the regenerate 14 days after surgery. Control group. А – общий вид: 1 – регенерат, 2 – края дефекта. Ван-Гизон, х40. Б: 1 – фиброзная ткань, 2 – сеть костных трабекул из ретикулофиброзной костной ткани, некротизированный костный матрикс (стрелка). Гематоксилин и эозин, х200.

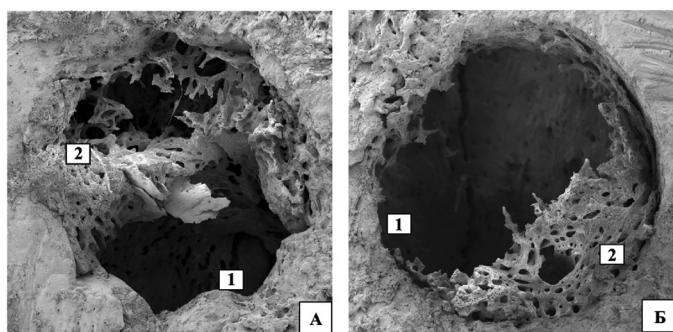


Рис. 5. Особенности архитектоники костных трабекул регенерата бедренной кости крыс. 14 суток.

Рис. 5. Features of the architectonics of bone trabeculae of the regenerated rat femur. 14 days

А - опыт. Дефект частично заполнен хорошо развитой сетью костных трабекул, рост которых наблюдается со стороны эндоста. Регенерат хорошо консолидирован с краями дефекта. Многочисленные трабекулы, распространяющиеся вглубь дефекта.

Б - контроль. Костные трабекулы прилегают к краю дефекта, между краями и регенератом наблюдаются полости. Со стороны эндоста видны немногочисленные костные трабекулы, прилежащие к краям дефекта. 1 - дефект, 2 - костные трабекулы. Сканоэлектроннограмма, $\times 130$.

лась не только со стороны эндоста около дефекта и на отдалении от него, но и в костном мозге, где, очевидно, также произошла стимуляция дифференцировки остеобластов из остеогенных клеток. Костные трабекулы сформированы ретикулофиброзной костной тканью, на их поверхности видны группы остеобластов, осуществляющих синтез костного матрикса. Регенерат обильно васкуляризован: так, в поле зрения при увеличении микроскопа в 400 раз насчитывается $17 \pm 2,9$ гемокapилляров, что может быть обусловлено действием фактора роста эндотелия, который содержится в комплексе цитокинов секретома. Несомненно, что усиление нутритивного кровотока способствует лучшей оксигенации области репарации и стимулирует более активный остеогенез.

В контрольной группе по сравнению с опытной (Рис. 2.) периостальная реакция в области репарации была выражена слабее, в области дефекта определяли соединительную ткань без признаков остеогенеза. В медуллярном канале наблюдали признаки остеогенеза, выраженные в меньшей степени по сравнению с опытной группой. Так, немногочисленные тонкие костные трабекулы, расположенные со сто-

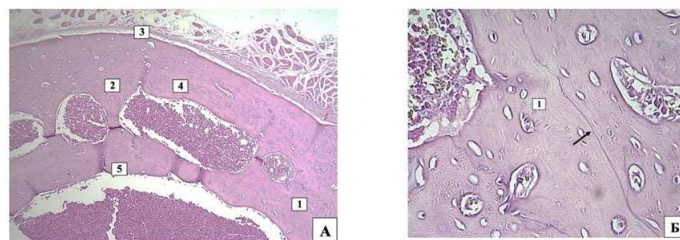


Рис. 6. Микроструктура регенерата через 90 суток после операции. Опытная группа.

Рис. 6. Microstructure of the regenerate 90 days after surgery. Experimental group.

А: 1 - край дефекта, 2 - регенерат, 3 - наружная общая система костных пластин, 4 - остеонный слой, 5 - внутренняя общая система костных пластин. Б: 1 - остеонный слой, линия склеивания (стрелка). Гематоксилин и эозин. А - $\times 40$, Б - $\times 400$.

роны эндоста и сформированные ретикулофиброзной костной тканью, визуализировали только перифокально от дефекта. В медуллярном канале выявляли лишь остеогенные островки в виде скоплений остеобластов, в некоторых островках был виден остеоид. Все это соответствует ранним стадиям остеогенеза и указывает на то, что в контрольной группе темпы этого процесса уступают опытной. Одной из причин тому может быть меньшая, по сравнению с опытной группой, васкуляризация тканей в области заживления – в поле зрения микроскопа при увеличении в 400 регистрировали $11,8 \pm 2,5$ гемокapилляров. Очевидно, что нутритивный кровоток при этом менее интенсивен, чем в опытной группе, что, очевидно, и обуславливает менее выраженные признаки остеогенеза.

Для подтверждения активизации остеорепаляции на ранней стадии заживления в опытной группе по сравнению с контрольной на 7-е сутки было проведено биохимическое исследование крови с анализом показателей, коррелирующих с активностью остеогенеза (таблица 1). Установлено, что в опытной группе по сравнению с контрольной происходило статистически достоверное повышение активности щелочной фосфатазы и уровня фосфора. Щелочная фосфатаза является ключевым ферментом в процессе минерализации костной ткани и маркером активной работы остеобластов. Повышение уровня фосфора в крови связано остеоллизом участков кости, поврежденных при формировании дефекта, остеокластами, в ходе которого разрушается минеральная, в результате чего фосфор попадает в кровоток. В свою очередь, остеобласты потребляют фосфор из кровотока для минерализации матрикса вновь образованной костной ткани.

Полученные данные согласуются с морфологической картиной и позволяют утверждать, что местное интраоперационное применение секретома ММСК приводит к стимуляции репаративного остеогенеза.

Через 14 суток после операции в опытной группе (Рис. 3, 5А.) в области заживления наблюдался лизис большей части костных трабекул, сформированных со стороны периоста. Важно, что в этот срок дефект диафиза заполнен костными трабекулами, на поверхности которых визуализируются многочисленные остеобласты. Трабекулы образуют мелкопетлистую сеть, межтрабекулярные пространства которой заполнены красным костным мозгом. Костные трабекулы сформированы ретикулофиброзной костной тканью, что типично для ранних сроков репаративного остеогенеза. Обращает на себя внимание надежная консолидация вновь образованных костных трабекул с краями дефекта, выявленная как при светомикроскопических исследованиях, так и при изучении образцов методом сканирующей электронной микроскопии. Васкуляризация регенерата по-прежнему значительная – количество гемокapилляров в нем достигает $17,3 \pm 2,4$ в поле зрения при увеличении в 400, что значительно больше, чем в контрольной группе (1–3 в поле зрения). Не подлежит сомнению, что поддержание высокого уровня нутритивного кровотока способствует более активной дифференцировке остеобластов, усилению их синтетической активности с образования органической фазы матрикса и последующей ее минерализации и, в конечном итоге, – к более раннему, чем в контроле, формированию регенерата.

В контрольной группе в этот же срок наблюдается иная морфологическая картина (Рис. 4.). Так, периостальная и эндостальная реакции значительно выражены. Отметим, что такая гистологическая картина наблюдалась в опытной группе на 7-сутки, что указывает на некоторое отставание контрольной группы по скорости репарации. В области

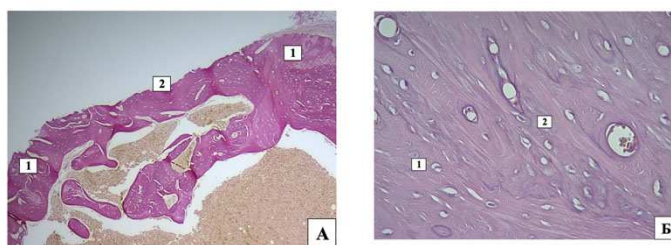


Рис. 7. Микроструктура регенерата через 90 суток после операции. Контрольная группа. Рис. 7. Microstructure of the regenerate 90 days after surgery. Control group. А: 1 – край дефекта, 2 – регенерат. Ван-Гизон, х40. Б: 1 – пластинчатая костная ткань, 2 – ретикулофиброзная костная ткань в структуре регенерата. Гематоксилин и эозин, х400.

дефекта наблюдается сеть костных трабекул, сформированных ретикулофиброзной костной тканью. Важно отметить, что периферические зоны регенерата, расположенного между краями дефекта, сформированы крупноячеистой сетью костных трабекул, а центральная зона образована фиброзной тканью, содержащей фрагменты некротизированного костного матрикса. Все это указывает на замедленные, по сравнению с опытной группой, резорбцию некротически измененной ткани и репаративный остеогенез. Причиной тому может служить меньшее представительство гемокпилляров ($10,9 \pm 1,7$ в поле зрения при увеличении $\times 400$), несомненно, приводящее к ухудшению нутритивного кровотока и снижению оксигенации тканей. Обращает на себя внимание, что регенерат не вполне консолидирован с областью повреждения, о чем свидетельствуют полости, расположенные между краями дефекта и костными трабекулами регенерата, зарегистрированные как при светомикроскопических (рис.4), так и при электронномикроскопических (рис. 5Б) исследованиях. Эти полости могут формироваться, на наш взгляд, из-за процессов резорбции некротически измененной костной ткани, находящейся на краях дефекта кости, которые протекают наряду с остеорепарацией, причем формирующиеся костные трабекулы в силу структурных и метаболических причин не были интегрированы с предсуществующей костью.

Через 90 суток после операции в опытной группе (Рис. 6) дефект кортикального слоя диафиза был заполнен регенератом, хорошо консолидированным с краями дефекта, а его толщина была близка к таковой у интактного диафиза.

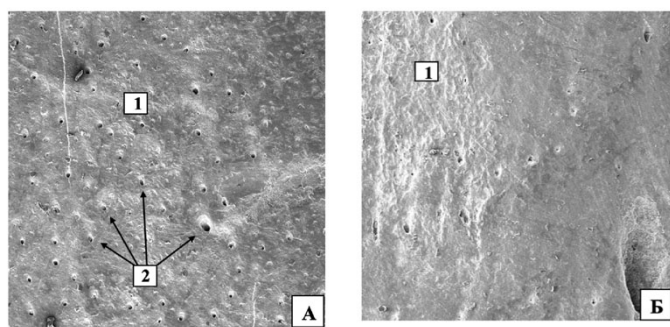


Рис. 8. Особенности архитектоники костной поверхности в зоне репарации дефекта диафиза бедренной кости крысы. 90 суток.

Рис. 8. Features of bone surface architectonics in the zone of repair of the rat femoral diaphysis defect. 90 days

А - опыт, 1 - область репарации, 2 - каналы кровеносных сосудов. Наблюдается сглаженный рельеф поверхности, на которой видно большое количество каналов кровеносных сосудов.

Б - контроль. 1 - область репарации. Отчетливо визуализируется изменение рельефа поверхности кости в виде зон остеокластической резорбции, сосудистых каналов значительно меньше. Сканоэлектроннограмма, $\times 200$

В структуре регенерата визуализировали пластинчатую костную ткань, причем восстанавливалось гистотипическое строение диафиза: определялись наружная и внутренняя общие системы костных пластин и остеонный слой со вставочными пластинами. Вместе с тем, в регенерате наблюдаются полости, заполненные красным костным мозгом. Возможно, эти полости отражают процесс постепенной резорбции той части регенерата, которая не обременена функциональной нагрузкой. При исследовании образцов методом сканирующей электронной микроскопии в области бывшего дефекта визуализируется небольшое углубление, на котором преобладают формирующиеся и зрелые костные поверхности, что может отражать тенденцию к полному восстановлению рельефа периостальной поверхности диафиза (рис.8А).

В контрольной группе (Рис.7), регенерат тонкий, в нем визуализируются обширные резорбционные полости. В структуре регенерата визуализируется как пластинчатая, так и ретикулофиброзная костные ткани, что свидетельствует о более медленном, по сравнению с опытной группой, формировании и ремоделировании регенерата. На сканоэлектроннограмме в области бывшего дефекта заметно изменение рельефа костной поверхности в виде углубления, в котором видны многочисленные резорбционные лакуны, свидетельствующие об остеоллизисе (рис.8Б).

Для дополнения морфологических данных и выявления показателей плотности костной ткани в области репарации была проведена компьютерная томография изолированных бедренных костей на 14-е и 90-е сутки.

Оценку данных проводили методом денситометрии в мультипланарной реконструкции изображений в трех точках по шкале Хаунсфилда. На 14-е и 90-е сутки в опытной группе среднее значение плотности в трех проекциях достоверно превысила таковые значения в контрольной группе (таблица 2).

Показано, что на 14-е сутки денситометрическая плотность в опытных образцах была выше, чем в контрольных, что коррелирует со структурой регенерата: он сформирован мелкопетлистой сетью костных трабекул, состоящих из ретикулофиброзной ткани. В контрольной группе установлена более низкая денситометрическую плотность, соответствующая костно-фиброзной структуре регенерата.

На 90-е сутки в обеих группах плотность регенерата повышалась, что связано с его ремоделированием. При этом в опытной группе она была выше и почти соответствовала интактным показателям, так как регенерат имел структуру, близкую к гистотипической. В контрольной группе денситометрическая плотность была меньше, что связано со строением регенерата, а именно наличием ретикулофиброзной ткани и обширных полостей в его структуре.

Полученные данные свидетельствуют о наличии корреляции между гистологическими особенностями костного регенерата и ее денситометрическими показателями и может служить критериями оценки репаративной регенерации в эксперименте и клинической практике. Наблюдаемая корреляция позволяет предположить, что костная ткань образцов опытной группы обладает большей прочностью, по сравнению с контрольной.

Заключение

Таким образом, на основании проведенного исследования установлено, что под влиянием секрета ММСК на ранних стадиях репарации, к 7-м суткам, происходит более активная васкуляризация области дефекта и более выраженная (по сравнению с контролем) стимуляция репаративного остеогенеза, что проявляется формированием хорошо развитой сети костных трабекул на эндостальной поверхности

сти кости и в соединительной ткани между краями костного дефекта. В дальнейшем, к 14-ти суткам, в опытной группе по сравнению с контрольной отмечается лучшая консолидация костных трабекул регенерата с краями дефекта и его лучшая васкуляризация, а к 90-м суткам регенерат приобретает строение, близкое к гистотипическому, что свидетельствует о его ремоделировании в этот срок эксперимента. Полученные данные свидетельствуют о том, что изучаемый секретом способствует более раннему закрытию дефекта кости регенератом и стимулирует его более раннее ремоделирование. Микроскопические признаки стимуляции репаративного остеогенеза коррелируют с результатами биохимических исследований крови и компьютерно-томографических исследований.

Источник финансирования: грант ректора ФГБОУ ВО "МГАВМиБ – МВА имени К. И. Скрябина", соглашение от 29.01.2024 № 13-2024.

Литература

1. Байдарбеков М.У., Нурахметов А.А., Оспанов К.Т., Кожиков А.С. Эволюция клеточных технологий в лечении нарушений репаративной регенерации костной ткани длинных трубчатых костей (обзор литературы) // Вестник КазНМУ. 2021. №3.
2. Богатчева Н.В., Коулман М.Е. Кондиционированная среда мезенхимальных стромальных клеток: новый класс терапевтических средств. Биохимия (Mosc). Ноябрь 2019; 84(11): 1375-1389. doi: 10.1134/S0006297919110129. PMID: 31760924.
3. Борхунова, Е. Н. Применение секретомы ММСК для стимуляции репаративного остеогенеза: экспериментальное исследование / Е. Н. Борхунова, М. А. Кузнецова, М. Д. Качалин // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. - 2024. - № 5. - С. 65-75. - DOI 10.36871/vet.zoo.bio.202405007.
4. Каштальян, О. А. Цитокины как универсальная система регуляции / О. А. Каштальян, Л. Ю. Ушакова // Медицинские новости. - 2017. - № 9. - С. 3-7.
5. Кузнецова, М. А. Применение секретомы мультипотентных мезенхимальных стромальных клеток для стимуляции регенерации костной ткани в эксперименте / М. А. Кузнецова, Е. Н. Борхунова, А. И. Довгий // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. - 2024. - № 2. - С. 6-21. - DOI 10.36871/vet.zoo.bio.202402001.
6. Макаревич П.И., Ефименко А.Ю., Ткачук В.А. Биохимическая регуляция регенеративных процессов факторами роста и цитокинами: основные механизмы и актуальность для регенеративной медицины. Биохимия (Mosc). Январь 2020; 85(1):11-26. doi: 10.1134/S0006297920010022.
7. Особенности репаративной регенерации роговицы в условиях применения секретомы стволовых клеток / Е. Н. Борхунова, С. В. Полябин, С. В. Сароян, А. И. Довгий // Клиническая и экспериментальная морфология. - 2022. - Т. 11, № 3. - С. 45-55.
8. Особенности репарации раны кожи в условиях применения секретомы стволовых клеток / Е. Н. Борхунова, С. В. Полябин, М. Д. Качалин, А. И. Довгий // Актуальные проблемы ветеринарной медицины, зоотехнии, биотехнологии и экспертизы сырья и продуктов животного происхождения : Сборник трудов научно-практической конференции, Москва, 08 ноября 2022 года / Под общей редакцией С.В. Полябина, Л.А. Гнездиловой. - Москва: Сельскохозяйственные технологии, 2022. - С. 38-39. - EDN ZXENSW.
9. Патент № 2708329 С2 Российской Федерация, МПК C12N 5/077. Материал стволовых клеток, композиции и способы применения: № 2016121458 : заявл. 31.05.2016 : опублик. 05.12.2019 / А. А. Соколов, А. И. Колесникова, А. И. Довгий [и др.] ; заявитель общество с ограниченной ответственностью "Т-Хелпер Клеточные технологии".
10. Регенеративная медицина - будущее ветеринарии / А. А. Лаврик, Г. В. Анненкова, С. Г. Дресвянникова [и др.] // Ветеринария Кубани. - 2021. - № 1. - С. 33-36. - DOI 10.33861/2071-8020-2021-1-33-36. - EDN PPGVTJ.
11. Репаративная регенерация сухожилия под влиянием секретомы мультипотентных мезенхимальных стромальных клеток: экспериментальное исследование / М. Д. Качалин, Е. Н. Борхунова, С. В. Полябин [и др.] // Клиническая и экспериментальная морфология. - 2023. - Т. 12, № 2. - С. 77-88. - DOI 10.31088/CEM2023.12.2.77-88.
12. Сагарадзе Г.Д., Ефименко А.Ю., Макаревич О.А., Басалова Н.А., Нирицкий П.П., Макаревич П.И., Кирпатовский В.И., Охоботов Д.А., Осидак Е.О., Домогатский С.П., Акопян Ж.А., Камалов А.А. Секретом мезенхимных стволовых/ стромальных клеток (мск) человека как основа для создания новых препаратов и биоматериалов

- для регенеративной медицины // Гены и Клетки. - 2017. - Т. 12. - №3. - С. 211-212. doi: 10.23868/gc121133
13. Benavides-Castellanos, M.P., Garzún-Orjuela, N. & Linero, I. Effectiveness of mesenchymal stem cell-conditioned medium in bone regeneration in animal and human models: a systematic review and meta-analysis. Cell Regen 9, 5 (2020). <https://doi.org/10.1186/s13619-020-00047-3>
 14. Burdette AJ, Guda T, Thompson ME, Banas R, Sheppard F. A Novel Secretome Biotherapeutic Influences Regeneration in Critical Size Bone Defects. J Craniofac Surg. 2018 Jan;29(1):116-123. doi: 10.1097/SCS.000000000000103. PMID: 29135730.
 15. Gwam C., Mohammed N., Ma X. Stem cell secretome, regeneration, and clinical translation: a narrative review // Annals of Translational Medicine. 2021. № 1 (9). С. 70. Jiang S. [и др.]. Research Progress on Stem Cell Therapies for Articular Cartilage Regeneration // Stem Cells International. 2021. (2021). С. 8882505. DOI: 10.21037/atm-205030.
 16. Mesenchymal stem cell-based therapy: a new paradigm in regenerative medicine / N. K. Satija, V. K. Singh, Y. K. Verma [et al.] // J. Cell Mol. Med. - 2009. - Vol. 13 (11-12). - P. 4385-4402. - DOI: 10.1111/j.1582-4934.2009.00857.x.

References

1. Baidarbekov M.U., Nurakhmetov A.A., Ospanov K.T., Kozhakov A.S. Cellular technologies evolution in the treatment of reparative regeneration disorders of bone tissue in long tubular bones (literature review). Bulletin of KazNMU. 2021. №3.
2. Bogatcheva NV, Coleman ME. Conditioned Medium of Mesenchymal Stromal Cells: A New Class of Therapeutics. Biochemistry (Mosc). 2019 Nov;84(11):1375-1389. doi: 10.1134/S0006297919110129. PMID: 31760924.
3. E. N. Borhunova, M. A. Kuznetsova, M. D. Kachalin. Application of secretome MMSCs for stimulation of reparative osteogenesis: an experimental study. Veterinary, zootechnics and biotechnology. - 2024. - № 5. - С. 65-75. - DOI 10.36871/vet.zoo.bio.202405007.
4. O. A. Kashtalian, L. Yu. Ushakova. Cytokines as a universal regulation system. Medical News. - 2017. - № 9. - С. 3-7.
5. M. A. Kuznetsova, E. N. Borhunova, A. I. Dovgii. Application of secretome multipotent mesenchymal stromal cells for stimulation of bone tissue regeneration in experiment. Veterinary, zootechnics and biotechnology. - 2024. - № 2. - С. 6-21. - DOI 10.36871/vet.zoo.bio.202402001.
6. Makarevich PI, Efimenko AY, Tkachuk VA. Biochemical Regulation of Regenerative Processes by Growth Factors and Cytokines: Basic Mechanisms and Relevance for Regenerative Medicine. Biochemistry (Mosc). 2020 Jan;85(1):11-26. doi: 10.1134/S0006297920010022. PMID: 32079514.
7. E.N. Borhunova, S.V. Pozyabin, S.V. Saroyan, A.I. Dovgii, A.I. Dovgii. Features of reparative regeneration of the cornea in conditions of application of stem cell secretome. KEM [Internet]. September 29, 2022. [cited September 25, 2024];11(3):45-. Available from: <http://cem-journal.ru/index.php/cem/article/view/189>
8. E. N. Borhunova, S. V. Pozyabin, M. D. Kachalin, A. I. Dovgii. Features of skin wound repair in conditions of application of stem cell secretome. Actual problems of veterinary medicine, zootechnics, biotechnology and expertise of raw materials and products of animal origin : Proceedings of the scientific and practical conference, Moscow, November 08, 2022 / Under the general editorship of S. V. Pozyabin, L. A. Gnezdilova. - Moscow: Agricultural Technologies, 2022. - С. 38-39. - EDN ZXENSW.
9. Patent No. 2708329 C2 Russian Federation, MPK C12N 5/077. Stem cell material, compositions and methods of application: No. 2016121458 : applied. 31.05.2016 : published 05.12.2019 / A. A. Sokolov, A. I. Kolesnikova, A. I. Dovgii [et al.] ; applicant limited liability company "T-Helper Cell Technologies".
10. A. A. Lavrik, G. V. Annenkov, S. G. Dresviannikova [et al.]. Regenerative medicine - future of veterinary medicine. Veterinary Kuban. - 2021. - № 1. - С. 33-36. - DOI 10.33861/2071-8020-2021-1-33-36. - EDN PPGVTJ.
11. M. D. Kachalin, E. N. Borhunova, S. V. Pozyabin [et al.]. Reparative regeneration of tendon under the influence of secretome multipotent mesenchymal stromal cells: an experimental study. Clinical and Experimental Morphology. - 2023. - Т. 12, № 2. - С. 77-88. - DOI 10.31088/CEM2023.12.2.77-88.
12. Sagaradze G.D., Efimenko A.Y., Makarevich O.A., [et al.]. Human mesenchymal stem/stromal cell (mSC) secretome as a basis for the creation of new drugs and biomaterials for regenerative medicine. Genes and Cells. - 2017. - Т. 12. - №3. - С. 211-212. doi: 10.23868/gc121133

Благодарности: выражаем благодарность за консультативную помощь д.б.н, доценту, в.н.с. заведующей кабинетом электронной микроскопии Института проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН (ИПЭЭ РАН) Хацаевой П.М.

Публикуется на принципах открытого доступа
Published under an open access license
Creative Commons Attribution 4.0 International License.

DOI CrossRef:10.30917/ATT-VK-1814-9588-2025-1-11
УДК 638.12:591.13

Влияние БАД на продолжительность жизни и физиологическое состояние пчел



Кузьмин А.А.

¹Кузьмин А.А., старший научный сотрудник,
a.kuzmin.psk@fncl.ru
ORCID 0000-0002-6675-3537

¹Мазина Г.С., научный сотрудник, g.mazina.psk@fncl.ru
ORCID 0000-0002-5019-4240

^{2,3}Йылдырым Е.А., доктор биологических наук,
²главный биотехнолог, ³профессор кафедры крупного
животноводства, deniz@biotrof.ru
ORCID 0000-0002-5846-5105

¹ФГБНУ "Федеральный научный центр лубяных культур", г. Тверь

²ООО "БИОТРОФ +", г. Санкт-Петербург

³ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Пушкин, г. Санкт-Петербург

Ключевые слова: пчелы, Арабиногалактан, нанокон-
позиты серебра, ЭкстраКор, продолжительность жизни,
дозы.

Резюме. В статье представлены результаты исследова-
ний по изучению влияния биологически активных добавок
(БАД) на продолжительность жизни и физиологическое
состояние медоносных пчел. Исследования проведены в
2022–2023 гг. на базе лаборатории селекционных техноло-
гии ФГБНУ "Федеральный научный центр лубяных куль-
тур". Ежегодно учитывалось по 2700 особей пчел, из кото-
рых формировались контрольная и две опытные группы. В
контрольной группе пчелы получали 60%-ный раствор са-
харозы. В опытных группах в 60%-ный раствор добавля-
лись биологические активные добавки. В качестве БАД

The effect of biologically active supplementes on the life expectancy and physiological condition of bees

¹Kuzmin A.A., ¹Mazina G.S., ^{2,3}Yildirim E.A.

¹FSBSI "Federal Scientific Center of Bast Crops", Tver

²BIOTROF +, Saint-Petersburg

³FSBEY of Higher Education St. Petersburg State Agrarian University, Saint-Petersburg, Pushkin

Key words: bees, Arabinogalactan, nanocomposites silver, ExtraKor, life expectancy, doses.

Abstract. The article presents the results of research on the effect of biologically active additives on the life expectancy and physiological state of honey bees. The research was conducted in 2022–2023 on the basis of the laboratory of breeding technologies of the FSBSI "Federal Scientific Center for Bast Crops". Each year, took into account 2700 individuals of bees, from which a control and two experimental groups were formed. In the control group, bees received a 60% sucrose solution. In the experimental groups, biologically active additives were added to the 60% solution. Arabinogalactan with silver nanocomposites and ExtraKor in doses of 2 mg per 200 ml of solution were used as effect of biologically active additives (Ametis JSC, Russia). The death of bees in the cages was monitored daily. Throughout the entire experiment, 3 bee dissections were performed in order to determine the effect of biologically active additives on the physiological state of bees. As a result of two years of research, the analysis of bee deaths in cages showed that the waste of 50% of bees when feeding 60% with sucrose ended on the 37th day of the experiment. When adding to sucrose Arabinogalactan with silver, 50% death bee occurred on average on day 45, and when ExtraKor was added on day 42 from the beginning of the experiment. The use of biologically active additives in feeding bees in cages over the years of research increased the life expectancy of bees by 19,1% with the addition of Arabinogalactan with silver and by 16,2% with the use of ExtraKor, relative to the control variant. The reliable effect of Arabinogalactan with silver on the head sections of bees on the 21st day of the experiment was established, from which it can be concluded that the drug at that time slowed down the aging of bees. On the 36 th day of the experiment on the use of ExtraKor, results were obtained on a significant reduction in the load on the abdominal sections and toxicity to the body of bees; as well as on the water content in the thoracic sections, which indicates a higher content of minerals in these sections of bees than in other variants.

Для цитирования / For citation

Кузьмин, А.А. Влияние БАД на продолжительность жизни и физиологическое состояние пчел / Кузьмин А.А., Мазина Г.С., Йылдырым Е.А. // Ветеринария и кормление. – 2025. – №1. – С.54–57.

Kuzmin, A.A. The effect of biologically active supplementes on the life expectancy and physiological condition of bees / Kuzmin A.A., Mazina G.S., Yildirim E.A. // Veterinaria i kormlenie. – 2025. – #1. – P.54–57.

использовались Арабиногалактан с нанокон-
позитами серебра и ЭкстраКор в дозах 2 мг на 200 мл раствора (АО "Аметис", Россия). Ежедневно проводился контроль гибели пчел в садках. На протяжении всего опыта проведено 3 препарирования пчел, с целью определения влияния БАД на физиологическое состояние пчел. В результате двух летних исследований анализ гибели пчел в садках показал, что отход 50% пчел при кормлении 60% сахарозой завершился на 37 сутки эксперимента. При добавлении в сахарозу Арабиногалактана с серебром 50% гибель пчел наступала в среднем на 45 день, а при добавлении ЭкстраКора на 42 день от начала эксперимента. Применение БАД в подкорм-

ках пчел в садках за годы исследований увеличивало продолжительность жизни пчел на 19,1% при добавлении Арабиногалактана с серебром и на 16,2% при использовании ЭкстраКора, относительно контрольного варианта. Установлено достоверное влияние Арабиногалактана с серебром на головные отделы пчел на 21 сутки эксперимента, из чего можно сделать вывод, что препарат на тот момент замедлял старение пчел. На 36 сутки эксперимента по применению ЭкстраКор получены результаты о достоверном снижении нагрузки на брюшные отделы и токсичности на организм пчел; а также на содержание воды в грудных отделах, что указывает на большее содержание минеральных веществ в этих отделах пчел, чем в других вариантах.

Таблица 1. Влияние БАД на продолжительность жизни пчел в энтомологических садках
Table 1. The effect of biologically active additives on the life expectancy of bees in entomological cages

% погибших пчел	Средняя гибель пчел по дням		
	Контроль (60% сахароза)	60% сахароза + Арабиногалактан с серебром	60% сахароза + ЭкстраКор
10	14	15	16
50	37	45	42
75	47	58	55
90	55	65	62
100	68	81	79

Таблица 2. Динамика изменения массы отделов тела пчел, потреблявших 60% раствор сахарозы с БАД
Table 2. Dynamics of changes in the mass of body parts of bees that consumed 60% sucrose solution with biologically active additives

Время от начала опыта, сутки	Масса отделов тела, мг					
	головных		грудных		Брюшных (с ректумами)	
	M±m	Cv,%	M±m	Cv,%	M±m	Cv,%
Контроль (60% сахароза)						
исходно	12,5±0,2	13,6	40,1±0,5	9,6	76,2±1,7	18,4
21	10,6±0,1	10,6	38,9±0,3	6,7	66,1±1,8	22,8
36	9,9±0,1	9,1	39,0±0,4	7,0	72,3±1,9	23,1
60% сахароза + Арабиногалактан с серебром						
21	10,9±0,1*	10,5	39,4±0,3	6,6	64,2±1,8	23,4
36	9,9±0,1	9,7	39,1±0,4	7,0	71,8±1,8	22,3
60% сахароза + ЭкстраКор						
21	10,6±0,1	10,8	38,5±0,4	7,2	64,9±1,9	25,3
36	9,7±0,1	9,8	38,5±0,3	6,9	68,4±1,5**	18,6

различия между контрольной и опытной группами статистически значимы при *P≤0,05; **P≤0,01

Таблица 3. Динамика изменения содержания воды в отделах тела пчел, потреблявших 60% раствор сахарозы с БАД
Table 3. Dynamics of changes in the water content in the body parts of bees that consumed 60% sucrose solution with biologically active additives

Время от начала опыта, сутки	Содержание воды, %					
	головных		грудных		брюшных (с ректумами)	
	M±m	Cv,%	M±m	Cv,%	M±m	Cv,%
Контроль (60% сахароза)						
исходно	67,6±0,2	3,0	65,6±0,2	2,1	70,2±1,0	12,3
21	67,4±0,2	2,6	64,8±0,1	1,6	70,0±0,9	9,6
36	68,2±0,3	3,2	66,0±0,1	1,8	72,4±0,8	9,3
60% сахароза + Арабиногалактан с серебром						
21	67,3±0,3	3,5	64,8±0,2	2,1	68,8±0,8	9,6
36	68,1±0,2	2,8	65,8±0,1	1,6	73,4±0,8	9,4
60% сахароза + ЭкстраКор						
21	67,1±0,2	2,7	64,6±0,1	1,8	69,6±0,8	10,2
36	68,4±0,2	2,5	65,5±0,1***	1,7	72,8±0,7	7,3

различия между контрольной и опытными группами статистически значимы при ***P ≤ 0,001

Введение

Пчеловодство является отраслью сельского хозяйства, которая во многом обеспечивает стратегическое положение и развитие таких отраслей как растениеводство и животноводство. При этом уровень развития этих отраслей способствует удовлетворению растущих потребностей населения, как в диетических продуктах питания, так и экологически чистых природных лекарственных препаратах, а промышленность – в сырье [1].

Массовая гибель пчелиных семей, наметившаяся в последние годы в Псковской области и в мире, обуславливается разными причинами, элиминирующая эффективность которых зависит от экологической ситуации и физиологического состояния пчел [2, 3]. Зимостойкость пчелиных семей, а также их продуктивность во многом зависит от силы семьи, которая определяется в основном плодотворностью пчелиных маток, работоспособностью и хорошим иммунитетом семей. Сокращение популяций пчел наносит большой экономический ущерб пчеловодству во всем мире [4].

Зимовка – один из важнейших периодов биологического цикла пчелиных семей. В этот период ежегодно теряется 20–30% семей, к началу весны они заметно ослабевают. К снижению иммунной защиты пчел приводят возрастающее загрязнение и неблагоприятные факторы окружающей среды [5].

Для интенсификации пчеловодства наряду с целенаправленной селекционной работой и оптимальными условиями содержания не маловажную роль играет качество кормов и стимулирующих подкормок [6].

При этом качество кормов и стимулирующих препаратов имеет определяющее значение в создании благоприятных условий, в которых генотип сможет проявить свой потенциал продуктивной способности, обусловленной наследственностью [7]. Самой распространенной углеводной подкормкой является сахарный сироп [8]. Им можно кормить пчел в любое время года. Он полностью усваивается организмом, способствует улучшению зимовки пчел. При потреблении сахара в задней кишке пчел не накапливается большое количество кала [9]. При этом группы зарубежных исследователей отметили отрицательное влияние на продолжительность жизни и физиологическое состояние пчел-кормилиц подкормок сахарным сиропом без добавок. При проведении исследований они отметили важность микроэлементов, которые поступают в корм из пыльцы. Обеспечение оптимального питания является перспективным способом влияния на здоровье [10, 11]. Для выращивания расплода недостаточно кормить пчелиные семьи сахарным сиропом. Для увеличения эффективности корма необходимо вносить добавки, повышающие его питательность.

В последнее время в пчеловодстве все шире применяют биологически активные добавки, оказывающие стимулирующее влияние на жизнедеятельность пчел.

Включение в рацион кормления животных ЭкстраКора оказывает положительное влияние на липидноуглеводный, белковоазотистый обмен, что отражается на продуктивном здоровье животных, и выражается в более высокой реализации биоресурсного потенциала испытуемых по отношению к контрольным группам [12]. Несмотря на разнообразие исследований по применению ЭкстраКора в растениеводстве и животноводстве отсутствуют научные данные по влиянию этой добавки в пчеловодстве.

Испытаниями установлено, что арабиногалактан подерживает в желудочно-кишечном тракте животных уровень бифидобактерий и лактобактерий [13], способствует увеличению плодовитости пчелиных маток на 37,7% [14], увеличению рентабельности на 23,5% [15]. При этом отсутствуют исследования по влиянию данной добавки на продолжительность жизни и физиологическое состояние пчел.

Проведение садковых опытов позволяет значительно уменьшить число исследуемых кормовых добавок для дальнейших экспериментов, определить их оптимальную дозу и в конечном счете снизить затраты на исследования. Содержание пчел в садках в условиях лаборатории при стабильных значениях микроклимата позволяет исключить влияние случайных факторов среды, создать одинаковые условия и обеспечить визуальный контроль за их состоянием [16].

Цель нашей работы – изучить влияние биологически активных добавок на продолжительность жизни и физиологическое состояние медоносных пчел, содержащихся в энтомологических садках.

Материал и методы исследований

Для изучения влияния БАД на продолжительность жизни и физиологическое состояние пчел в лабораторных условиях в энтомологические садки набирали по 300 особей пчел и содержали их в лаборатории при $t = 28 \pm 1^\circ\text{C}$. Каждый день их кормили 60% углеводной подкормкой и с добавлением биологически активных добавок. В опытных группах в качестве БАД применяли Арабиногалактан с нанокompозитами серебра и ЭкстраКор в дозах 2 мг на 200 мл раствора (АО "Аметис", Россия). Это водорастворимые препараты растительного происхождения, полученные путем экстракции при переработке древесины (Арабиногалактан) и коры (ЭкстраКор) лиственницы даурской (Гмелины), обладающие широким спектром биологических свойств и физиологической активности. Арабиногалактан с серебром получен в результате синтеза Арабиногалактана с нанокompозитами серебра, обладающими большой биологической активностью. При этом доля Арабиногалактана составляет 98,7%, доля нанокompозитов серебра – 1,3%.

Учет динамики гибели пчел проводили ежедневно. Повторность опыта 3-х кратная. В начале опыта проводилось исходное препарирование пчел, а на протяжении эксперимента еще два препарирования, через 21 и 36 дней от начала опыта. С каждого садка для препарирования отбирались по 25 особей пчел.

Статистическую обработку данных проводили в программе Microsoft Office Excel (США).

Результаты и обсуждение

В результате проведенных исследований установлено, что применение Арабиногалактана с серебром и ЭкстраКора в углеводных подкормках пчел способствовало увеличению продолжительности жизни пчел, содержащихся в энтомологических садках. Причем это влияние отмечалось с

самого начала эксперимента. При потреблении пчелами 60% сахарозы 50% гибель пчел наступала в среднем на 37 сутки, от начала опыта, согласно данным таблицы 1.

Под влиянием добавления в подкормку Арабиногалактана с серебром и ЭкстраКора гибель 50% пчел фиксировалась на 45 и 42 сутки, соответственно. В садках с пчелами, потреблявшими Арабиногалактан с серебром отмечена максимальная продолжительность жизни пчел, которая составила 81 день, что на 2 дня больше, чем в варианте с ЭкстраКором и на 13 дней дольше, чем в контрольном варианте.

Известно, что масса тела пчел подвержена возрастной изменчивости. По результатам исследований проведенных Еськовым Е.К., скорость и диапазоны изменения массы различных частей тела пчел и содержания в них воды существенно различаются в процессе возрастного и физиологического старения пчел. В течение всей жизни пчел масса их головных отделов уменьшается [17].

В среднем исходная масса головы пчел в начале опыта составляла 12,5 мг, через 21 день жизни пчел в энтомологических садках средняя масса головных отделов в вариантах опыта варьировалась от 10,6 до 10,9 мг, согласно данным таблицы 2.

Наибольшая средняя масса голов отмечена в варианте с применением Арабиногалактана с серебром и составила 10,9 мг, а в контрольном варианте и в варианте с ЭкстраКором 10,6 мг. За 21 день проживания пчел в энтомологических садках было установлено достоверное влияние Арабиногалактана с серебром на массу голов ($P \leq 0,05$). Можно сделать вывод, что препарат достоверно замедлял старение пчел. При заключительном препарировании средняя масса головных отделов пчел в опыте незначительно различалась и составляла 9,7–9,9 мг. По изменению массы грудных отделов наблюдалась такая же ситуация, все результаты были почти на одинаковом уровне.

Резкое снижение массы брюшных отделов с ректумами обуславливалось переходом питания пчел с натурального корма на углеводную подкормку, что способствовало снижению каловых масс. В дальнейшем с увеличением количества каловых масс увеличивалась и масса брюшных отделов. Через 36 суток от начала опыта наименьшая масса брюшных отделов 68,4 мг отмечена в варианте с ЭкстраКором, что достоверно снижало накопление экскрементов в брюшном отделе тела пчел ($P \leq 0,01$). Следовательно препарат уменьшал нагрузку на ректум и токсичность на организм, тем самым улучшая его физиологическое состояние. Масса брюшных отделов в варианте с Арабиногалактаном составила 71,8 мг, что незначительно меньше содержания в контрольной группе.

Согласно данным таблицы 3, изначально содержание воды в головных отделах в среднем составляло 67,6%, через 21 день жизни пчел в садках ее содержание снизилось во всех вариантах опыта. Такая тенденция наблюдалась во всех отделах тела пчел.

При заключительном препарировании отмечалось увеличение содержания воды в организме пчел, что говорит о снижении количества минеральных веществ в отделах тела. В опытной группе с ЭкстраКором достоверно установлено влияние препарата на содержание воды в грудном отделе ($P \leq 0,001$).

Заключение

Сравнительный анализ результатов за два года экспериментов показал, что применение исследуемых биологически активных добавок положительно влияет на продолжительность жизни пчел в садках. Таким образом при кормле-

нии пчел 60% сахарозой с Арабиногалактаном с нанокон-
позитами серебра продолжительность жизни пчел в сред-
нем за два года увеличилась на 13 дней, что на 19,1% выше,
чем в контрольном варианте. Применение ЭкстраКор в
углеводных подкормках способствовало увеличению про-
должительности жизни пчел на 11 дней, что на 16,2% выше,
чем в контрольном варианте. Установлено достоверное
влияние Арабиногалактана с серебром на головные отделы
пчел ($P \leq 0,05$) на 21 сутки эксперимента, из чего можно
сделать вывод, что препарат на тот момент замедлял старе-
ние организма пчел. Применение ЭкстаКор способствовало
достоверному влиянию на массу брюшных отделов (с рек-
тумами) пчел ($P \leq 0,01$), что показывает о снижении нагруз-
ки на ректум и токсичности на организм пчел, при добав-
лении препарата в углеводную подкормку пчел. В опыт-
ной группе с ЭкстраКор достоверно установлено влияние
препарата на содержание воды в грудных отделах ($P \leq 0,001$)
на 36 сутки эксперимента, что указывает на большее со-
держание минеральных веществ в этих отделах пчел, чем
в других вариантах.

*Работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в
рамках Государственного задания ФГБНУ "Федеральный
научный центр лубяных культур" (тема № FGSS-2024-
0001).*

Литература

1. Нуралиева, У.А. Показатели продуктивности районированных медоносных пчел в Юго-Восточном регионе Казахстана / Нуралиева У.А., Джетнисбаева Б.Ш., Омарова К.М. // Многопрофильный научный журнал. - 2019. - №2. - С. 75-84. <https://3i.ksu.edu.kz/files/3i/3i-2-2019.pdf>
2. Потребление йода пчелиной семьей в течение года / Еськов Е.К. [и др.] // Пчеловодство. - 2016. - №5. - С. 10-12. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29768133>
3. Богомолов, К.В. Коллапс пчелиных семей. Болезни пчел / Богомолов К.В., Яранкин В.В. // Рязань. - ТОО "Рязанская областная типография". - 2011. - 95 с.
4. Zayed, A. Bee genetics and conservation / Zayed A. // Apidologie. - 2009. - Т. 40. - Р. 237-262. DOI: 10.1051/apido/2009026
5. Применение полифункциональной подкормки "БиХит" в различных регионах России / Фролова М.А. [и др.] // Пчеловодство. - 2022. - №4. - С. 13-15. <https://www.elibrary.ru/fvfkqg>
6. Еськов, Е.К. Социальная консолидация в эволюции пчелиной семьи / Еськов Е.К. // Пчеловодство. - 2016. - №8. - С. 19-22. <https://www.elibrary.ru/zbkwkb>
7. Черевко, Ю. А. Чистопородное разведение медоносных пчел / Черевко Ю.А., Бойцелюк Л.И., Ракитин С.Г. // Учебное пособие. - М.: Изд. МСХА. - 2004. - 96 с.
8. Особенности микробиотенноза кишечника взрослых медоносных пчел в зависимости от сезона года / Сердюченко И.В. [и др.] // Труды Кубанского ГАУ. - 2014. - №49. - С. 140-143. <https://www.elibrary.ru/tkuzuy>
9. Сердюченко, И.В. Значение использования кормовых добавок в пчеловодстве / Сердюченко И.В. // Сборник статей VIII Международной научно-практической конференции: Наука и инновации в XXI веке: Актуальные вопросы, Открытия и Достижения. - 2018. - С. 219-221. <https://www.elibrary.ru/yvcjcy>
10. Renzi, M.T. Combine defect of pollen quality and thiamethoxam on hypopharyngeal gland development and protein content in Apismellifera / Renzi M.T., Rodriguez-Gasol N., Medrzycki P. // Apidologie. - 2016. - Т. 47. - Р. 779-788. <https://doi.org/10.1007/s13592-016-0435-9>
11. Ricigliano, V.A. Nutritional and prebiotic efficacy of the microalga Arthrospira platensis (spirulina) in honeybees / Ricigliano V.A., Simone-Finstrom M. // Apidologie. - 2020. - Т. 51. - Р. 898-910. <https://doi.org/10.1007/s13592-020-00770-5>
12. Фомичев, Ю.П. Влияние танинов коры лиственницы даурской (Larix Dahurica Turcz) в составе энерго-протеиновой кормовой добавки в рационе молочных коров на гомеостаз организма и молоч-

ную продуктивность / Фомичев Ю.П. // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. - 2023. - №12-2 (121). - С. 155-166. <https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202312216>

13. Коновалова, А.Ю. Арабиногалактан лиственницы сибирской, его уникальные свойства и применение / Коновалова А.Ю., Буторина Н.В. // Сборник статей всероссийской научно-практической конференции: Научные исследования студентов в решении актуальных проблем АПК. - Иркутск. - 2019. - С. 90-96. <https://elibrary.ru/bkyhjw>
14. Ярошевич, Г.С. Влияние наноконкомпозита серебра с арабиногалактаном на репродуктивную функцию пчелиных маток / Ярошевич Г.С., Мазина Г.С. // Сборник статей международной научно-практической конференции: Сельское хозяйство - драйвер развития регионов. - Великие Луки. - 2022. - С. 130-133. <https://elibrary.ru/leifzf>
15. Воробьева, С.Л. Эффективность использования кормовой добавки арабиногалактан в пчеловодстве / Воробьева С.Л., Васильева М.И., Коконов С.И. // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. - 2023. - №6 (104). - С. 343-349. <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2023-104-6-343-349>
16. Влияние кормовых добавок на продолжительность жизни пчел в садках / Науразбаева А.И. [и др.] // Пчеловодство. - 2020. - №4. - С. 14-17. <https://www.elibrary.ru/ruijix>
17. Еськов, Е.К. Экология медоносной пчелы / Еськов Е.К. // Рязань. - Изд. "Русское слово". - 1995. - 392 с.

References

1. Nuralieva, U.A. Productivity indicators of zoned honey bees in the South-Eastern region of Kazakhstan / Nuralieva U.A., Jetnisbayeva B.S., Omarova K.M. // Multidisciplinary scientific journal. - 2019. - №2. - P. 75-84. <https://3i.ksu.edu.kz/files/3i/3i-2-2019.pdf>
2. Iodine consumption by the bee family during the year / Eskov E.K. [and others] // Beekeeping. - 2016. - №5. - P. 10-12. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29768133>
3. Bogomolov, K.V. The collapse of honey bees. Bee diseases / Bogomolov K.V., Yaranin V.V. // Ryazan. - Ryazan Regional Printing House. - 2011. - 95 p.
5. Application of multifunctional top dressing "BiHit" in various regions of Russia / Frolova M.A. [and others] // Beekeeping. - 2022. - №4. - P. 13-15. <https://www.elibrary.ru/fvfkqg>
6. Eskov, E.K. Social consolidation in the evolution of the bee family / Eskov E.K. // Beekeeping. - 2016. - №8. - P. 19-22. <https://www.elibrary.ru/zbkwkb>
7. Cherevko, Y.A. Purebred breeding of honey bees / Cherevko Y.A., Boytselyuk L.I., Rakitin S.G. // Textbook. - M.: Publishing house of the Ministry of Agriculture. - 2004. - 96 p.
8. Features of microbiocenosis of the intestinal tract of adult honey bees depending on the season of the year / Serdyuchenko I.V. [and others] // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. - 2014. - №49. - P. 140-143. <https://www.elibrary.ru/tkuzuy>
9. Serdyuchenko, I.V. The importance of using feed additives in beekeeping / Serdyuchenko I.V. // Collection of articles of the VIII International Scientific and Practical Conference: Science and Innovation in the twentieth century: Topical issues, Discoveries and Achievements. - 2018. - P. 219-221. <https://www.elibrary.ru/yvcjcy>
12. Fomichev, Y.P. The influence of tannins of the bark of Daurian larch (Larix Dahurica Turcz) as part of an energy-protein feed additive in the diet of dairy cows on body homeostasis and milk productivity / Fomichev Y.P. // Veterinary, Zootechnics and Biotechnology. - 2023. - №12-2 (121). - P. 155-166. <https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202312216>
13. Konovalova, A.Y. Arabinogalactan of Siberian larch, its unique properties and application / Konovalova A.Y., Butorina N.V. // Collection of articles of the All-Russian scientific and practical conference: Scientific research of students in solving urgent problems of agriculture. - Irkutsk. - 2019. - P. 90-96. <https://elibrary.ru/bkyhjw>
14. Yaroshevich, G.S. The influence of silver nanocomposite with arabinogalactan on the reproductive function of queen bees / Yaroshevich G.S., Mazina G.S. // Collection of articles of the international scientific and practical conference: Agriculture - a driver of regional development. - Velikiye Luki. - 2022. - P. 130-133. <https://elibrary.ru/leifzf>
15. Vorobyova, S.L. The effectiveness of the use of the feed additive arabinogalactan in beekeeping / Vorobyova S.L., Vasilyeva M.I., Kokonov S.I. // Izvestiya Orenburg State Agrarian University. - 2023. - №6 (104). - P. 343-349. <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2023-104-6-343-349>
16. The effect of feed additives on the lifespan of bees in cages / Naurazbaeva A.I. [and others] // Beekeeping. - 2020. - №4. - P. 14-17. <https://www.elibrary.ru/ruijix>
17. Eskov, E.K. Ecology of the honey bee / Eskov E.K. // Ryazan. - Ed. "Russianword". - 1995. - 392 p.

Публикуется на принципах открытого доступа
Published under an open access license
Creative Commons Attribution 4.0 International License.

DOI CrossRef:10.30917/ATT-VK-1814-9588-2025-1-12
УДК: 619: 616. 98: 579. 873. 21: 636. 22/28

Актуальные проблемы хронических инфекций крупного рогатого скота, совершенствование аллергенов и методов диагностики



Найманов А.Х.

Найманов А.Х., доктор ветеринарных наук, профессор, главный научный сотрудник, и.о. зав. лабораторией хронических инфекций, labmusc@mail.ru
Искандаров М.И., доктор ветеринарных наук, главный научный сотрудник, m-iskandarov@mail.ru
Федоров А.И., кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, fedorov_nici@mail.ru
Вангели Е.П., кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, labmusc@mail.ru
Толстенко Н.Г., кандидат ветеринарных наук, ведущий научный сотрудник, labmusc@mail.ru
Искандарова С.С., кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, i-vica@mail.ru
Гулюкин А.М., доктор ветеринарных наук, член-корреспондент РАН, директор

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

Ключевые слова: туберкулез, паратуберкулез, бруцеллез, нетуберкулезные микобактерии (НТМБ), *M. avium* subsp. *paratuberculosis* (MAP), ППД для млекопитающих, КАМ

Резюме. В связи с актуальностью проблемы выявления неспецифических реакций при диагностике туберкулеза крупного рогатого скота авторами разработан новый комплексный аллерген, изготовленный из наиболее распрост-

Для цитирования / For citation

Актуальные проблемы хронических инфекций крупного рогатого скота, совершенствование аллергенов и методов диагностики / Найманов А.Х. [и др.] // Ветеринария и кормление. – 2025. – №1. – С.58–62.

Current issues of chronic cattle infections, improvement of allergens and diagnostic methods / Naymanov A.Kh., [et al.] // Veterinaria i kormlenie. – 2025. – #1. – P.58–62.

Current issues of chronic cattle infections, improvement of allergens and diagnostic methods

Naymanov A.Kh., Iskandarov M.I., Fedorov A.I., Iskandarova S.S., Vangeli E.P., Tolstenko N.G., Gulyukin A.M.

Federal Scientific Research Centre VIEV, Moscow

Key words: tuberculosis, paratuberculosis, brucellosis, non-tuberculous mycobacteria (NTMB), *M. avium* subsp. *paratuberculosis* (MAP), mammalian PPD, CAM.

Abstract. Since the problem of detecting non-specific reactions is considered as extremely relevant in the diagnosis of bovine tuberculosis, the authors have developed a new complex allergen from the most common and sensitizing mycobacteria of groups 2, 3 and 4 according to the Ranien classification, as well as a new Guideline for a simultaneous test with PPD for mammals and CAM with individual consideration and evaluation of research results. The complex of methods includes a polymerase chain reaction (PCR) study of feces and pathological material from suspect animals, which helps to improve the diagnosis of paratuberculosis. It is recommended to study by PCR cultures of slow-growing acid-resistant mycobacteria isolated during bacteriological tests to distinguish MAP from NTM. VIEV has developed a new complex allergen - Paraavium VIEV, made from *M. avium* strain 2282 and *M. avium* subsp. *paratuberculosis* strain 19698 ATCC, for the allergic diagnosis of bovine paratuberculosis. Specific prevention of cattle brucellosis is widely used in the Russian Federation. Therefore, when new foci of brucellosis are detected in threatened zones, it is necessary to differentiate post-vaccination antibodies from post-infection ones. That is, to distinguish antibodies formed after vaccination from antibodies after infection with brucellosis. This problem is almost impossible to solve using serological research methods; complex allergic and serological studies are necessary.

раненных и обладающих сенсibiliзирующими свойствами микобактерий 2, 3 и 4 групп по классификации Раньена. Разработано новое Наставление по применению симультанной пробы с ППД для млекопитающих и КАМ с индивидуальным учетом и оценкой результатов исследований.

С целью совершенствования диагностики паратуберкулеза в комплекс методов включена полимеразная цепная реакция для исследования фекалий и патматериала от подозреваемых в заражении животных. Выделенные при бактериологическом исследовании культуры медленно растущих кислотоустойчивых микобактерий рекомендуется исследовать ПЦР-методом для идентификации MAP от НТМБ. Разработан новый комплексный аллерген Параавиум ВИЭВ, изготовленный из *M. avium* шт.2282 и *M. avium* subsp. *paratuberculosis* шт. 19698 ATCC, для аллергической диагностики паратуберкулеза крупного рогатого скота.

В Российской Федерации широко применяется специфическая профилактика бруцеллеза крупного рогатого скота. Поэтому при выявлении новых очагов бруцеллеза в угрожаемых зонах необходимо дифференцировать поствак-

цинальные антитела от постинфекционных. То есть различать антитела, образованные после вакцинации от антител после заражения бруцеллезом. Эту проблему практически невозможно решать серологическими методами исследований, необходимы комплексные аллергические и серологические исследования.

Введение

Из распространенных хронических инфекционных болезней крупного рогатого скота туберкулез, бруцеллез и паратуберкулез остаются наиболее сложными проблемами инфекционной патологии. Эти болезни приводят к большим экономическим потерям в животноводстве, а туберкулез и бруцеллез представляют серьезную опасность для здоровья людей. На современном этапе проведения оздоровительных мероприятий, в условиях реформирования сельского хозяйства, сокращения поголовья животных в общественных и индивидуальных хозяйствах необходимо знать эпизоотический процесс проявления инфекционных болезней и основные проблемы, возникающие при проведении этих мероприятий.

При диагностике хронических инфекций нет ни одного отдельного высокоэффективного метода, поэтому диагностика должна быть комплексной с применением нескольких наиболее эффективных методов для каждого вида животных, для каждой категории хозяйств с различной эпизоотической ситуацией по видам инфекций [1, 2, 3].

Поэтому, на современном этапе борьбы с хроническими инфекционными болезнями необходимо дальнейшее совершенствование комплекса диагностических исследований.

Туберкулез – одно из древнейших и сложных инфекционных заболеваний человека и животных. Против туберкулеза нет достаточно эффективных средств лечения и специфической профилактики. Поэтому основным звеном в проведении профилактических и оздоровительных мероприятий является диагностика болезни, то есть своевременное выявление и убой зараженных животных [4, 5, 6].

В настоящее время мероприятия по профилактике и борьбе с туберкулезом животных в Российской Федерации проводятся в соответствии Ветеринарных правил от 08.09.2020 г. и Наставления по диагностике туберкулеза животных от 18.11.2002 г.

В соответствии с утвержденными нормативными документами, основным методом прижизненной диагностики туберкулеза у крупного рогатого скота является внутрикожная проба с ППД туберкулином для млекопитающих. Применение внутрикожной туберкулиновой пробы имеет две главные и противоположные проблемы: первая проблема – перевыявление реагирующих животных с "неспецифическими" реакциями на туберкулин в благополучных и неблагополучных хозяйствах; вторая проблема – недодыявление зараженных туберкулезом животных в благополучных хозяйствах.

Учитывая массовость и масштабность проведения диагностических исследований на туберкулез, невозможно стандартизировать организмы всех исследуемых животных по чувствительности и специфичности к этим исследованиям и к тому же в разных регионах нашей большой страны, в разных хозяйствах с различной эпизоотической ситуацией, имеются животные, с различным проявлением микобактериальной инфекции.

По этой причине прижизненная диагностика туберкулеза крупного рогатого скота одной внутрикожной туберкулиновой пробой не может быть единственным и идеальным диагностическим средством. Диагностика должна быть комплексной – с применением внутрикожной пробы с ППД

туберкулином для млекопитающих и других дополнительных методов диагностики [6, 7].

Ретроспективный анализ эпизоотической ситуации показывает, что в нашей стране широкомасштабные мероприятия по борьбе с туберкулезом крупного рогатого скота начали проводить с 1951 г. после выяснения эпизоотической ситуации методом поголовного исследования стад крупного рогатого скота внутрикожной пробой с туберкулином для млекопитающих.

Анализируемый период можно условно разбить на 7 десятилетий, при этом в каждом десятилетии установлено сокращение (кроме 1981–1990 гг.) количества неблагополучных пунктов (н.п.). Так, в период 1951–1960 гг. было 9833–2239 н.п., в 1961–1970 гг. – 2503–1795 н.п., в 1971–1980 гг. – 1814–1269 н.п., в 1981–1990 гг. – 1232–1440 н.п., в 1991–2000 гг. – 1124–444 н.п., в 2001–2010 гг. – 377–25 н.п., в 2011–2024 гг. – 18–1 н.п., то есть на 01.01.2024 г. остается 1 н.п. в Иркутской области [8].

Кроме того установлено, что по мере улучшения эпизоотической ситуации по туберкулезу крупного рогатого скота увеличивается выявление реагирующих животных с неспецифическими реакциями в благополучных хозяйствах. Так, за 2001–2021 гг. в России было выявлено всего 868912 реагирующих животных, из них в благополучных хозяйствах – 790375 (90,9%), а в неблагополучных хозяйствах – 79507 (9,1%), то есть проблема выявления неспецифических реакций стала самой актуальной [3, 4, 9].

Поэтому, в последние годы в ВИЭВ проводились исследования по разработке нового поколения комплексного аллергена из микобактерий (КАМ) для дифференциации неспецифических реакций и методики учета и оценки симультанной пробы с ППД для млекопитающих и КАМ.

Известно, что в состав биофабричного КАМ входят 2 вида атипичных микобактерий: *M. intracellulareae* (3 гр. по Раньену) и *M. scrofulaceum* (2 гр.).

По отчетным данным ветеринарных лабораторий на территории нашей страны от реагировавших на туберкулин животных выделяют атипичные микобактерии: 1 гр. – 2,0%; 2 гр. – 19,7%; 3 гр. – 16,8% и 4 гр. – 59,5%, то есть в состав КАМ не включена наиболее часто выделяемая 4 группа быстрорастущих атипичных микобактерий.

С целью совершенствования симультанной туберкулиновой пробы в ВИЭВ разработаны КАМ-2 и КАМ-3, в состав которых включены наиболее часто выделяемые в нашей стране и обладающие сенсibiliзирующими свойствами микобактерии 2, 3 и 4 групп по классификации Раньена. Разработано новое Наставления по применению симультанной пробы с ППД для млекопитающих и КАМ с индивидуальным учетом и оценкой результатов исследований [3, 5, 10].

По результатам выполненной НИР по проблеме дифференциации аллергических реакций на туберкулин получены 3 патента на изобретение. Постановлением Президиума Россельхозакадемии представленная работа "Способ изготовления аллергена для дифференциальной диагностики парааллергических реакций у крупного рогатого скота" награждена дипломом за лучшую завершённую научную разработку 2012 года.

Методические рекомендации "Применение симультанной пробы с ППД-туберкулином для млекопитающих и КАМ с индивидуальным учетом аллергических реакций", награждены дипломом и золотой медалью на XXII Всероссийской агропромышленной выставке "Золотая осень", Москва 2020 г.

Паратуберкулез. При паратуберкулезе нет высокоэффективных методов диагностики, лечения и вакцинопро-

филактики. Большим препятствием в разработке эффективных методов диагностики является отсутствие биологической модели для воспроизведения болезни. Многочисленные попытки воспроизвести паратуберкулез у мелких животных не увенчались успехом [3, 6, 11, 12].

В соответствии с "Кодексом здоровья наземных животных МЭВ" в редакции 2019 года при паратуберкулезе нет рекомендуемых тестов, а в качестве альтернативных тестов предлагается внутрикожная туберкулиновая проба и иммуноферментный анализ.

В "скрытости" инфекции, низкой чувствительности и специфичности методов диагностики, сложности выделения, культивирования и идентификации возбудителя в отсутствие возможности воспроизведения болезни на лабораторных животных – заключаются основные сложности в установлении диагноза на паратуберкулез [2, 11].

Важно отметить, что в последние годы ведутся дискуссии о роли возбудителя паратуберкулеза в болезни Крона у человека, проявляющегося поражением желудочно-кишечного тракта, рвотой и диареей. Так, одни авторы считают *M. avium subsp. paratuberculosis* причиной болезни Крона у человека. Другие авторы не находят очевидных доказательств и связи между возбудителем паратуберкулеза и болезнью Крона.

Кроме того, в последние годы в связи с реализацией Приоритетного национального проекта "Развитие АПК" и массовым ввозом в нашу страну высокопродуктивных племенных сельскохозяйственных животных из разных стран мира, совершенствование прижизненной диагностики паратуберкулеза крупного рогатого скота приобрело особую актуальность.

Анализ эпизоотической ситуации за 1991–2023 гг. показал, что в Российской Федерации паратуберкулез регистрировали в 15 субъектах: в Удмуртской республике, республике Саха Якутия, республике Дагестан, Кабардино-Балкарской республике, республике Татарстан, Ростовской, Кемеровской, Сахалинской, Брянской Амурской, Новосибирской, Пензенской областях, Краснодарском, Алтайском и Красноярском краях [2, 16].

Количество неблагополучных пунктов в течение отчетного года составляло от 1 н.п. до 6 н.п., то есть за 32-летний анализируемый период количество н.п. не превышало 6 пунктов. Кроме того, в неблагополучных хозяйствах больные животные с "клиникой" паратуберкулеза выявлялись единично, а количество латентно больных животных, выявленных серологическими (РСК) и аллергическими методами (внутрикожная проба с ППД туберкулином для птиц), не превышала 10–15% от общего поголовья скота хозяйств, то есть эпизоотический процесс заболевания паратуберкулезом проходил хронически и без значительного и массового распространения болезни.

В связи с тем, что при установлении диагноза на паратуберкулез нет возможности воспроизведения болезни на лабораторных животных, изучение диагностической ценности ПЦР для определения генома возбудителя болезни может стать ценным дополнительным тестом при разработке комплекса диагностических исследований [13, 14, 16].

Поэтому, с учетом сложности установления диагноза и проведения оздоровительных мероприятий при паратуберкулезе в ВИЭВ были проведены исследования с целью определения диагностической ценности ПЦР в общем комплексе утвержденных методов диагностики.

Исследования провели в двух благополучных и одном длительно неблагополучном по паратуберкулезу хозяйстве с убоем 11 реагирующих и не реагирующих на различные диагностические тесты животных. По результатам прове-

денных исследований, в комплекс утвержденных методов диагностики, рекомендовано включить метод ПЦР для исследования фекалий и патматериала от подозреваемых в заражении и убитых с диагностической целью животных. Выделенные при бактериологическом исследовании культуры медленно растущих кислотоустойчивых микобактерий исследовать ПЦР для идентификации MAP от близкородственных нетуберкулезных микобактерий (НТМБ).

Указанные предложения вошли в новые "Ветеринарные правила, направленные на предотвращение распространения и ликвидацию очагов паратуберкулеза", утвержденные 08.12.2023 г. и вступившие в силу с 1 сентября 2024 г.

Кроме того, с целью совершенствования аллергической диагностики паратуберкулеза были проведены исследования по конструированию комплексного аллергена из *M. avium* и *M. avium subspecies paratuberculosis*.

Обоснованием проведенных исследований является тот факт, что при аллергической диагностике паратуберкулеза различные авторы использовали либо ионин (паратуберкулин), изготовленный из микобактерий паратуберкулеза, либо туберкулины для птиц, изготовленные только из микобактерий туберкулеза птичьего вида. В доступной литературе достаточно много противоречивых сведений о диагностической ценности моновидовых аллергенов, изготовленных только из микобактерий птичьего вида или микобактерий паратуберкулеза.

Некоторые авторы указывают, что ППД для птиц вследствие высокой видовой специфичности эффективен при исследовании сенсибилизированных микобактериями комплекса авиум-интрацеллюляре животных, при инфицировании другими видами микобактерий дифференцирующие свойства этого аллергена снижаются. Повышение эффективности достигается добавлением в туберкулин для птиц белковых фракций других видов микобактерий, расширяющих антигенный спектр аллергена или применение аллергена из нескольких видов микобактерий, являющихся наиболее частой причиной сенсибилизации [17].

Изложенное стало основанием для конструирования нового комплексного аллергена для аллергической диагностики паратуберкулеза.

В состав комплексного аллергена Параавиум ВИЭВ включены *M. avium* штамм 2282 и *M. avium subspecies paratuberculosis* штамм 19698 АТСС в равных объемах (50:50) в эквивалентной активности с суммарным содержанием белка – 1 мг белка в 2 мл растворителя.

Сравнительное изучение диагностической ценности Параавиум ВИЭВ и ППД-туберкулина для птиц провели на сенсибилизированных различными видами микобактерий морских свинок и на крупном рогатом скоте в неблагополучном по паратуберкулезу хозяйстве. Установлено, что Параавиум более специфичен, а ППД для птиц более чувствителен.

С учетом полученных результатов исследований планируется изготовление следующей лабораторной серии Параавиум ВИЭВ из *M. avium* штамм 2282 и нового штамма *M. avium subspecies paratuberculosis* VIEV, предназначенного для получения туберкулопротеинов.

Получены 5 патентов: № 2771778 "Комплексный аллерген для диагностики паратуберкулеза", 12.05.2022 г.; № 2800320 "Способ дифференциации *M. avium subspecies paratuberculosis* от других видов микобактерий на сенсибилизированных этими видами микобактерий морских свинок", 20.07.2023 г.; № 2806215 "Способ внутрикожного введения ППД-туберкулина для птиц при аллергической диагностике паратуберкулеза крупного и мелкого рогатого

скота", 30.10.2023 г.; № 2817163 "Способ сенсibilизации морских свинок микобактериями в адьюванте для оценки сенсibilизирующих свойств микобактерий", 11.04.2024 г.; № 2816760 "Штамм *Micobacterium avium subspecies paratuberculosis* VIEV, предназначенный для получения туберкулопротеинов", 04.04. 2024 г.

Бруцеллез – высококонтагиозное хроническое зоонозное заболевание, распространенное среди животных и людей. Несмотря на более чем 130-летнюю историю изучения и проведения оздоровительных мероприятий, проблема бруцеллеза продолжает сохранять свою актуальность и в настоящее время.

Для борьбы с бруцеллезом широко используется вакцинопрофилактика. В России специфическая профилактика проводится только для крупного и мелкого рогатого скота, а также северных оленей. Для других видов животных, подверженных риску заражения, эффективные меры профилактики не разработаны [19, 20].

В качестве альтернативы вакцинации предлагается метод выбраковки реагирующих на бруцеллез животных, который успешно применяется в других странах. Этот подход также оправдан из-за частых случаев проявления неспецифических реакций после вакцинации [21].

При выявлении новых очагов бруцеллеза в угрожаемых зонах важно различать вакцинальные антитела от антител, вызванных инфекцией. При этом использование только серологических методов исследования недостаточно эффективно. Требуется комплексный подход, включающий аллергические и серологические методы диагностики.

Диагностика бруцеллеза играет решающую роль в борьбе с этой инфекцией. Раннее выявление инфицированных животных является ключевым фактором для поддержания благополучия и оздоровления неблагополучных хозяйств.

Бруцеллез вызывает специфические изменения в организме животных, приводящие к образованию антител и развитию аллергических реакций. Эти реакции являются частью комплексного иммунного ответа, включающего как гуморальные, так и клеточные механизмы [21, 22].

Для массового скрининга бруцеллеза в крупных животноводческих хозяйствах и на отгонных пастбищах, аллергический метод диагностики является наиболее удобным и эффективным. При проявлении инфекционного процесса бруцеллеза более характерна устойчивая аллергическая реакция организма животных.

При проведении массовых диагностических исследований аллергическая проба обладает рядом преимуществ перед серологическими методами, так как она не требует взятия крови и не зависит от стадии инфекционного процесса, что делает её более стабильной и эффективной для выявления животных с латентной стадией болезни. Кроме того, диагностика бруцеллеза у животных аллергическим методом более экономичный и доступный способ массового обследования. Особенно это важно при проведении диагностических исследований в крупных животноводческих хозяйствах и на отгонных пастбищах, где проведение серологических тестов крайне затруднительно или практически невозможно.

Результаты серологических тестов зависят от стадии инфекционного процесса, аллергическая реакция более стабильна, позволяет выявлять инфицированных животных на разных стадиях заболевания.

В процессе аллергических исследований тестировались различные аллергены: абортин; лизаты; гидролизаты; бруцеллизаты; бруцеллогидролизаты и бруцеллоэкстракты. Однако, их применение вызывало кратковременное образование специфических антител и последующую сенсibilизацию организма.

Касьянов А. Н. предложил бруцеллин ВИЭВ, который отличался от предыдущих разработок отсутствием указанных недостатков, так как для его производства использовался неагглютиногенный штамм, не вызывающий синтез специфических бруцеллезных антител и не влияющий на результаты серологических исследований [21, 22, 23].

Бруцеллин ВИЭВ показал высокую специфичность и активность при диагностике бруцеллеза у овец, коз и свиней. Тем не менее, широкого распространения в практике аллергической диагностики бруцеллеза у животных он не получил.

В настоящее время проблема дифференциации антител у инфицированных и вакцинированных животных остаётся актуальной. Поэтому в лаборатории хронических инфекций ВИЭВ разрабатывается новый аллерген, очищенный от балластных компонентов, который предназначен для внутрикожного введения и позволяет дифференцировать вакцинированных животных от больных бруцеллезом и иерсиниозом. По результатам исследований получен патент: Патент № 2792814 С1 "Способ получения аллергена для диагностики бруцеллеза у сельскохозяйственных животных", 24.03.2023 г.

Заключение

Таким образом, для решения проблемы дифференциации неспецифических реакций при аллергической диагностике туберкулеза, разработан новый комплексный аллерген из микобактерий 2, 3 и 4 групп по классификации Раньена. Разработано новое Наставление по применению симультанной пробы с ППД для млекопитающих и КАМ с индивидуальным учетом результатов исследований.

В целях повышения эффективности приживленной диагностики паратуберкулеза в комплекс утвержденных и используемых в ветеринарной практике методов дополнительно включен ПЦР-метод. Разработан новый комплексный аллерген Параавиум, изготовленный из двух видов микобактерий: *M. avium* и *M. avium subsp. paratuberculosis*.

В РФ широко используется вакцинопрофилактика бруцеллеза крупного и мелкого рогатого скота, а также северных оленей. Поэтому, при выявлении новых очагов бруцеллеза в угрожаемых зонах важно дифференцировать поствакцинальные антитела от постинфекционных. Требуется комплексный подход, включающий аллергические и серологические методы исследований.

Литература

1. Гулюкин, М.И. Оздоровительные мероприятия при туберкулезе крупного рогатого скота / М.И. Гулюкин, А.Х. Найманов, В.А. Ведерников и др. // Ветеринария, 2012. - №1. - С.3-8.
2. Муковнин, В.М. Паратуберкулез крупного рогатого скота в Российской Федерации / В.М. Муковнин, А.Х. Найманов, Н.Г. Толстенко и др. // Ветеринария, 2021. - №4. - С.3-7.
3. Найманов, А.Х. Микобактериальные инфекции крупного рогатого скота (туберкулез, паратуберкулез) / Найманов А.Х., Гулюкин М.И. // Москва. - 2014. - 235с.
4. Найманов, А.Х. Туберкулез животных / Найманов А.Х., Калмыков В.М. // Санкт-Петербург, 2018. - 500 с.
5. Найманов, А.Х. Аллергены и аллергическая диагностика микобактериальных инфекций животных / Найманов А.Х., Мясоедов Ю.М. // Курск. - 2020. - 238 с.
6. Найманов, А.Х. Проблемы диагностики микобактериальных инфекций крупного рогатого скота / Найманов А.Х., Толстенко Н.Г., Вангели Е.П. и др. // Ветеринария, 2014. - №6. - С.3-8.
7. Найманов, А.Х. Проблема неспецифических реакций на туберкулин и совершенствование симультанной пробы для диагностики туберкулеза крупного рогатого скота / А.Х. Найманов, Г.И. Устинова, Н.Г. Толстенко и др. // Ветеринария, 2015. - №6. - С.20-25.
8. Найманов, А.Х. Эпизоотическая ситуация по туберкулезу крупного рогатого скота в Российской Федерации / А.Х. Найманов, Н.Г. Толстенко, Н.М. Ткач // В сборнике: Современные проблемы диагностики и профилактики хронических зооантропонозных инфекций. материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной памяти профессора И.А. Косилова, 2009. - С. - 140-143.

9. Гулюкин, М.И. Обзор эпизоотической ситуации по туберкулезу крупного рогатого скота в РФ и совершенствование мер борьбы с этой инфекцией / Гулюкин М.И., Найманов А.Х. // Тезисы докладов международной науч.-практ. конференции, посв. 45-летию ГНУ Прикаспийский НИВИ, Махачкала, 2012. - С.3-8.
10. Найманов, А.Х. Сенсibiliзирующие свойства НТМБ 4-й группы по классификации Раньена / А.Х. Найманов, Г.И. Устинова, Н.Г. Толстенко и др. // Ветеринария и кормление, 2014. - №5. - С.71-73.
11. Завгородний А.И. Паратуберкулез сельскохозяйственных животных / А.И. Завгородний, С.Д. Позмогова, В.А. Голово / Ветеринарная медицина, 2010. - Выпуск 94. - С. 171-173.
12. Завгородний, А.И. Воспроизведение паратуберкулеза у экспериментально инфицированных *M. avium* spps. paratuberculosis (MAP) лабораторных животных / А.И. Завгородний, С.А. Позмогова, М.А. Гирка и др. // Ветеринарная медицина, 2014. - Выпуск 99. - С.20-24
13. Найманов, А.Х. Паратуберкулез крупного рогатого скота / Найманов А.Х., Вангели Е.П., Толстенко Н.Г. // LAP LAMBERT Academic Publishing RU. - 2020. - 26 с.
14. Найманов, А.Х. Полимеразная цепная реакция (система SENX3-REGX3) при диагностике туберкулеза крупного рогатого скота / А.Х. Найманов, Н.П. Овдиенко, Е.П. Осипова, И.В. Солодова, В.С. Суворов // Ветеринарная патология, 2004. - № 1-2 (9). - С. 96-99.
15. Найманов, А.Х. ПЦР при диагностике паратуберкулеза крупного рогатого скота / Найманов А.Х., Калмыков В.М. // Ветеринарная медицина, 2012. - №3. - С. 30-37.
16. Найманов, А.Х. Проблемы диагностики паратуберкулеза крупного рогатого скота / А.Х. Найманов, Н.Г. Толстенко, Е.П. Вангели и др. // Ветеринария и кормление, 2014. - №3. - С. 10-12.
17. Шаров, А.Н. Аллергическая диагностика туберкулеза у животных: повышение ее эффективности / А.Н. Шаров // Дисс. ... док. вет. наук. - Москва, 1989.
18. Гулюкин, М.И. Эффективность мероприятий против бруцеллеза сельскохозяйственных животных / М.И. Гулюкин, А.Д. Забережный, М.И. Искандаров, А.И. Федоров, А.М. Гулюкин, С.С. Искандарова и др. // Ветеринария, 2019. - № 11. - С. 20-24.
19. Альбертян, М.П. Проблемы и перспективы специфической профилактики бруцеллеза крупного рогатого скота живыми вакцинами / М.П. Альбертян, М.И. Искандаров, А.И. Федоров, М.И. Гулюкин // Ветеринария и кормление, 2014. - № 5. - С. 62-63.
20. Федоров, А.И. Эффективность диагностических методов исследования бруцеллеза животных / А.И. Федоров, М.И. Искандаров, С.С. Искандарова и др. // Ветеринария и кормление, 2020. - № 1. - С. 21-23.
21. Гулюкин, М.И. Эффективность мероприятий, проводимых против бруцеллеза крупного рогатого скота, в Российской Федерации / М.И. Гулюкин, М.П. Альбертян, М.И. Искандаров, А.И. Федоров, С.С. Искандарова // Ветеринария, 2016. - № 12. - С. 24-28.
22. Касьянов, А.Н. Реактивность крупного рогатого скота при иммунизации против бруцеллеза малой дозой вакцины из штамма 19 / А.Н. Касьянов, Р.Г. Ягудин, В.А. Ромахов, М.И. Искандаров // Бюллетень Всесоюзного ордена Ленина научно-исследовательского института экспериментальной ветеринарии им. Я.П. Коваленко, 1987. - № 64. - С. 59-65.
23. Касьянов, А.Н. Аллергический метод диагностики бруцеллеза / А.Н. Касьянов // Новые методы диагностики зоонозных инфекций. Минск "Ураджай", 1982. - С. 83-88.
- Bibliography
1. Gulyukin, M.I. Health measures in case of bovine tuberculosis / M.I. Gulyukin, A.Kh. Naymanov, V.A. Vedernikov et al. // Veterinary Medicine, 2012. - No.1. - pp.3-8.
2. Mukovnin, V.M. Bovine paratuberculosis in the Russian Federation / V.M. Mukovnin, A.Kh. Naymanov, N.G. Tolstenko et al. // Veterinary Medicine, 2021. - No.4. - pp.3-7.
3. Naymanov, A.Kh. Mycobacterial infections of cattle (tuberculosis, paratuberculosis) / A.Kh. Naymanov M.I. Gulyukin // Moscow. - 2014. - 235 p.
4. Naymanov, A.Kh. Tuberculosis of animals / A.Kh. Naymanov, V.M. Kalmykov // St. Petersburg, 2018. - 500 p.
5. Naymanov, A.Kh. Allergens and allergic diagnostics of mycobacterial infections of animals / A.Kh. Naymanov, Yu.M. Myasoedov // Kursk. - 2020. - 238 p.
6. Naymanov, A.Kh. Diagnostics of mycobacterial infections in cattle / A.Kh. Naymanov, N.G. Tolstenko, E.P. Vangeli et al. // Veterinary Medicine, 2014. - No.6. - pp.3-8.
7. Naymanov, A.Kh. Nonspecific reactions to tuberculin and the improvement of a simultaneous test for the diagnosis of tuberculosis in cattle / A.Kh. Naymanov, G.I. Ustinova, N.G. Tolstenko et al. // Veterinary Medicine, 2015. - No.6. - pp.20-25.
8. Naymanov, A.Kh. The epizootic situation of bovine tuberculosis in the Russian Federation / A.Kh. Naymanov, N.G. Tolstenko, N.M. Tkach // In the collection: Modern problems of diagnosis and prevention of chronic zoonanthropotic infections. Materials of the All-Russian Scientific and Practical conference dedicated to the memory of Professor I.A. Kosilov, 2009. - pp. 140-143.
9. Gulyukin, M.I. Review of the epizootic situation of bovine tuberculosis in the Russian Federation and improvement of measures to combat the infection / M.I. Gulyukin, A.Kh. Naymanov // Abstracts of reports of the international scientific and practical conference dedicated to the 45th anniversary of the Caspian veterinary medicine research institute, Makhachkala, 2012. - pp.3-8.
10. Naymanov, A.Kh. Sensitizing properties of NTM of the 4th group according to the Ranien classification / A.Kh. Naymanov, G.I. Ustinova, N.G. Tolstenko et al. // Veterinary medicine and feeding, 2014. - No.5. - pp.71-73.
11. Zavgorodny A.I. Paratuberculosis of farm animals / A.I. Zavgorodny, S.D. Pozmogova, V.A. Golovko // Veterinary medicine, 2010. - Issue 94. - pp.171-173.
12. Zavgorodny A.I. Reproduction of paratuberculosis in laboratory animals experimentally infected by *M. avium* supes. paratuberculosis (MAP) / A.I. Zavgorodny, S.A. Pozmogova, M.A. Girka et al. // Veterinary medicine, 2014. - Issue 99. - pp.20-24
13. Naymanov, A.Kh. Bovine paratuberculosis / A.Kh. Naymanov, E.P. Vangeli, N.G. Tolstenko // LAP LAMBERT Academic Publishing EN. - 2020. - 26 p.
14. Naymanov, A.Kh. Polymerase chain reaction (SENX3-REGX3 system) in the diagnosis of tuberculosis in cattle / A.Kh. Naymanov, N.P. Ovdienko, E.P. Osipova, I.V. Solodova, B.C. Suvorov // Veterinary pathology, 2004. - № 1-2 (9). - Pp. 96-99.
15. Naymanov, A.Kh. PCR in the diagnosis of bovine paratuberculosis / A.Kh. Naymanov, V.M. Kalmykov // Veterinary medicine, 2012. - No.3. - pp. 30-37.
16. Naymanov, A.Kh. Diagnostics of bovine paratuberculosis / A.Kh. Naymanov, N.G. Tolstenko, E.P. Vangeli et al. // Veterinary medicine and feeding, 2014. - No.3. - pp.10-12.
17. Sharov, A.N. Allergic diagnosis of tuberculosis in animals: improving its effectiveness / A.N. Sharov // Diss. ... Doctor of Veterinary Sciences. - Moscow, 1989.
18. Gulyukin, M.I. The effectiveness of measures against brucellosis of farm animals / M.I. Gulyukin, A.D. Zaberezhny, M.I. Iskandarov, A.I. Fedorov, A.M. Gulyukin, S.S. Iskandarova et al. // Veterinary Medicine, 2019. - No. 11. - pp. 20-24.
19. Albertyan, M.P. Problems and prospects of specific prevention of bovine brucellosis with live vaccines / M.P. Albertyan, M.I. Iskandarov, A.I. Fedorov, M.I. Gulyukin // Veterinaria i kormlenie., 2014. - No. 5. - pp. 62-63.
20. Fedorov, A.I. The effectiveness of diagnostic research methods for brucellosis in animals / A.I. Fedorov, M.I. Iskandarov, S.S. Iskandarova et al. // Veterinaria i kormlenie., 2020. - No. 1. - pp. 21-23.
21. Gulyukin, M.I. The effectiveness of measures taken against bovine brucellosis in the Russian Federation / M.I. Gulyukin, M.P. Albertyan, M.I. Iskandarov, A.I. Fedorov, S.S. Iskandarova // Veterinary Medicine, 2016. - No. 12. - pp. 24-28.
22. Kasyanov, A.N. Reactivity of cattle during immunization against brucellosis with a small dose of vaccine from strain 19 / A.N. Kasyanov, R.G. Yagudin, V.A. Romakhov, M.I. Iskandarov // Bulletin of the All-Union Order of Lenin Scientific Research Institute of Experimental Veterinary named after Ya.R. Kovalenko, 1987. - no. 64. - Pp. 59-65.
23. Kasyanov, A.N. Allergic method of diagnosis of brucellosis / A.N. Kasyanov // New diagnostic methods for zoonotic infections. Minsk, Urajay, 1982, pp. 83-88.

Публикуется на принципах открытого доступа
Published under an open access license
Creative Commons Attribution 4.0 International License.

DOI CrossRef:10.30917/ATT-VK-1814-9588-2025-1-13
УДК 576.89

Влияние 3-диметиламинопропиламида миристиновой кислоты на микробиом кишечника цыплят



¹Святогорова А.Е., кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, sviatogorova.a.a@yandex.ru

¹Зубенко А.А., доктор биологических наук, главный научный сотрудник, alexsandrzubenko@yandex.ru

¹Фетисов Л.Н., кандидат ветеринарных наук, ведущий научный сотрудник, fetisoff.leonid2018@yandex.ru

¹Чекрышева В.В., доктор ветеринарных наук, доцент, директор, veterinar1987@mail.ru

²Клименко А.И., академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, директор, dzni@mail.ru

¹Северо-Кавказский зональный научно-исследовательский ветеринарный институт – филиал ФГБНУ "Федеральный Ростовский аграрный научный центр", г. Новочеркасск

²ФГБНУ "Федеральный Ростовский аграрный научный центр", Ростовская обл., Аксайский р-н, п. Рассвет

Ключевые слова: поверхностно-активные вещества, 3-диметиламинопропиламид миристиновой кислоты, цыплята, микробиом, микробное число.

Резюме. Актуальность поиска препаратов, влияющих на микробиоту кишечника птицы, отмечается в многочисленных исследованиях отечественных и зарубежных авторов. В связи с ростом потребительского спроса на продукцию птицеводства из стад, выращенных без антибиотиков, отмечено, что в последние годы усилился поиск альтернативных продуктов или подходов. Проблемы, вызванные применением антибиотиков и распространением, в связи с этим устойчивых штаммов микроорганизмов, заставляют

Для цитирования / For citation

Влияние 3-диметиламинопропиламида миристиновой кислоты на микробиом кишечника цыплят / А. Е. Святогорова [и др.] // Ветеринария и кормление. – 2025. – №1. – С.63–67.

The effect of 3-dimethylaminopropylamide myristic acid on the gut microbiome of chickens / A. E. Svyatogorova [et al.] // Veterinaria i kormlenie. – 2025. – #1. – P.63–67.

The effect of 3-dimethylaminopropylamide myristic acid on the gut microbiome of chickens

¹Svyatogorova A.E., ¹Zubenko A.A., ¹Fetisov L.N., ¹Chekrysheva V.V., ²Klimenko A.I., ¹NCZSRVI - branch of the FSBSI "Federal Rostov Agricultural Research Centre"
²FSBSI "Federal Rostov Agricultural Research Centre"

Key words: surfactants, myristic acid amide, chickens, microbiome, microbial number.

Abstract. The relevance of the search for drugs that affect the intestinal microbiota of poultry is noted in numerous studies by domestic and foreign authors. Due to the growing consumer demand for poultry products from flocks raised without antibiotics, it was noted that in recent years the search for alternative products or approaches has intensified. The problems caused by the use of antibiotics and the proliferation of resistant strains of microorganisms in this regard are forcing researchers and specialists to develop and use new strategies to reduce the use of antibiotics in poultry farms. Many studies have been conducted in search of natural remedies with beneficial properties similar to growth stimulants. The purpose of these alternative remedies is to maintain a low mortality rate, a good level of animal productivity while preserving the environment and consumer health. Among them, the most popular are probiotics, prebiotics, enzymes, organic acids, immunostimulants, bacteriocins, bacteriophages, vegetable feed additives, phytoncides, nanoparticles and essential oils. In recent decades, there has been increased interest in the study and popularization of beneficial intestinal microbiota to maintain poultry health, limit the number of pathogens of forage origin and potentially improve poultry productivity. For a number of years, our institute has been working on the creation of new anti-infectious compounds of non-antibiotic origin. As alternative means, we offer surfactants, including fatty acid amides. This work is devoted to the results of testing alternative compounds (surfactants of a number of fatty acid amides) for antibacterial properties, poultry safety, poultry productivity level and the composition of the microbiota of the contents of the small and large intestines. Our article describes the use of 0.01% surfactant in the form of an aqueous solution of myristic acid amide in the diet of broiler-type chickens and its effect on safety, on growth indicators, on the composition of the microflora of the small intestine and caecum in chickens. The data obtained indicate that the diet supplemented with an aqueous solution of fatty acid amide improved the safety and growth of chickens, as we believe, by modulating the microbiota of the small intestine and caecum and its metabolites.

исследователей и специалистов разрабатывать и использовать новые стратегии для сокращения использования антибиотиков на птицефабриках. Было проведено много исследований в поисках природных средств, обладающих полезными свойствами, аналогичными стимуляторам роста. Целью этих альтернативных средств является поддержание низкого уровня смертности, хорошего уровня продуктивности животных при сохранении окружающей среды и здоровья человека. Среди них наиболее популярными являются пробиотики, пребиотики, ферменты, органические кислоты, иммуностимуляторы, бактериоцины, бактериофаги,

растительные кормовые добавки, фитонциды, наночастицы и эфирные масла. В последние десятилетия возрос интерес к изучению и популяризации полезной кишечной микробиоты для поддержания здоровья птицы, ограничения количества патогенов кормового происхождения и потенциального улучшения продуктивности птицы. В СКЗНИ-ВИ в течение ряда лет ведутся работы по созданию новых антиинфекционных соединений неантибиотического происхождения. В качестве альтернативных средств предлагаются поверхностно-активные соединения, в том числе амиды жирных кислот. Настоящая работа посвящена результатам тестирования 0,01% водного раствора хлористоводородной соли 3-диметиламинопропиламида миристиновой кислоты (условное обозначение ПАВ 726) по антибактериальным свойствам, сохранности птицы, уровню продуктивности птицы и составу микробиоты содержимого тонкого и толстого кишечника. В нашей статье описано применение ПАВ 726 в рационе цыплят бройлерного типа и его влияние на сохранность, показатели роста, состав микрофлоры тон-

кого кишечника и слепой кишки. Полученные данные свидетельствуют о том, что рацион, дополненный ПАВ 726, улучшал показатели сохранности и роста цыплят, по причине, как мы предполагаем модулирования микробиоты тонкого кишечника и слепой кишки.

Введение.

Микробное разнообразие играет ключевую роль в повышении стабильности кишечника и поддержании физиологических процессов и общего благополучия организма хозяина [1].

В работе Лаптева Г.Ю. и др. (2019) отмечается, что для нормализации состава микрофлоры у птицы в ее рацион необходимо включать различные добавки, которые положительно влияют на функционирование микробиоты кишечника птицы. Для этой цели авторы предложили многофункциональный препарат Профорт [4].

В работе Казакова А.С. (2017) показано, что формирование кишечного микробиоценоза у цыплят-бройлеров можно регулировать с помощью различных добавок, что авторы убедительно доказали на примере разработанного ими ферментно-пробиотического комплекса [2].

Необходимость поиска препаратов, влияющих на микробиоту кишечника птицы, отмечается и в многочисленных исследованиях зарубежных авторов, что связано с ужесточением требований к использованию антибиотиков-стимуляторов роста и ростом потребительского спроса на продукцию птицеводства из стад, выращенных "Без антибиотиков" или "Вообще без антибиотиков". Так в работе U. Gadde et al (2017) отмечено, что в последние годы усилился поиск альтернативных продуктов или подходов. Описанные классы альтернатив включают пробиотики, пребиотики, синбиотики (продукты, полученные в результате рациональной комбинации микроорганизмов пробиотиков и пребиотиков, чаще основными представителями являются лактобактерии и бифидобактерии), органические кислоты, ферменты, соединения растительного происхождения, антимикробные пептиды, бактериофаги, глина и металлы. Несмотря на то, что полезные эффекты от применения этих веществ были выявлены, авторы отмечают недостаточную стабильность результатов, которые варьируются от фермы к ферме. Кроме того, необходимо более четко определить способ их применения. Оптимальное сочетание различных веществ вкупе с надлежащими методами содержания птицы станет ключом к движению вперед к конечной цели – сокращению использования антибиотиков в животноводстве [8].

В работе Y. Mehdi et al (2018) также обнажаются проблемы, вызванные применением антибиотиков и распространением, в связи с этим устойчивых штаммов микроорганизмов. Авторы отмечают, что можно использовать некоторые новые стратегии для сокращения использования антибиотиков на птицефабриках. Было проведено много исследований по поиску природных средств, обладающих полезными свойствами, аналогичными стимуляторам роста. Целью этих альтернативных средств является поддержание низкого уровня смертности, хорошего уровня продуктивности животных при сохранении окружающей среды и здоровья человека [11].

В работе Dana K. Ditto et al (2022) изучено влияние микробиома желудочно-кишечного тракта и метаболитов ферментации на продуктивность бройлеров и показано, что в последние десятилетия возрос интерес к изучению полезной кишечной микробиоты для поддержания здоровья птицы, ограничения количества патогенов кормового происхождения и потенциального улучшения продуктивности птицы. Микробиологическая экология желудочно-кишечного тракта и метаболическая активность уже давно считаются факторами, влияющими на продуктивность бройле-

Табл. 1. Масса цыплят по окончании выпойки ПАВ 726
Table 1. The weight of chickens at the end of drinking surfactant 726

Контрольная группа		Опытная группа	
№ цыпленка	Масса цыпленка, г	№ цыпленка	Масса цыпленка, г
1	189	1	172
2	176	2	179
3	205	3	238
4	184	4	216
5	334	5	238
6	199	6	148
7	250	7	214
8	229	8	229
9	197	9	195
10	199	10	251
11	263	11	283
12	184	12	237
13	246	13	225
14	188	14	140
15	283	15	202
16	218	16	231
17	180	17	189
		18	132
		19	236
		20	293
		21	300
		22	254
m _{конт} = 3724:17 = 219г		m _{опыт} = 4210:18 = 234,6 г	

Таблица 2. Схема обозначения проб материала, взятого для гистологических и микробиологических исследований
Table 2. Scheme of designation of samples of material taken for histological and microbiological studies

Шифр	Пояснения к шифру
32-1	Опытная группа, цыпленок №1, двенадцатиперстная кишка
32-2	Опытная группа, цыпленок №1, слепая кишка
32-3	Опытная группа, цыпленок №2, двенадцатиперстная кишка
32-4	Опытная группа, цыпленок №2, слепая кишка
32-5	Опытная группа, цыпленок №3, двенадцатиперстная кишка
32-6	Опытная группа, цыпленок №3, слепая кишка
32-7	Контрольн. гр., цыпленок №1, 12-перстная кишка
32-8	Контрольн. группа, цыпленок №1, слепая кишка
32-9	Контрольн. гр., цыпленок №2, 12-перстная кишка
32-10	Контрольн. группа, цыпленок №2, слепая кишка
32-11	Контрольн. гр., цыпленок №3, 12-перстная кишка
32-12	Контрольн. группа, цыпленок №3, слепая кишка

ров. Кормовые добавки, такие как пребиотики, пробиотики, органические кислоты и растительные компоненты могут предотвращать образование колоний патогенных микроорганизмов [7].

В статье Eman A. Beyari et al (2024) показано, что широкое применение антибиотиков приводит к появлению устойчивых к антибиотикам штаммов бактерий, которые оказывают серьезное воздействие на продуктивность птицы и здоровье человека. В результате продолжаются исследования по разработке безопасных альтернатив природным антибиотикам. В ходе данного исследования из куриных экскрементов была выделена *Bacillus pumilus* SA388, и было подтверждено, что она является пробиотиком. Выбранный штамм был протестирован на его антимутагенные и антиоксидантные свойства. Также было изучено влияние *B. pumilus* SA388 на показатели роста цыплят-бройлеров, микробиом кишечника, биохимические показатели крови, иммунологическую реакцию и качество мяса. *B. pumilus* SA388 продемонстрировал значительную бактерицидную активность в отношении *Streptococcus pyogenes*, *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Salmonella typhi* и *Klebsiella pneumoniae*. В результате обширного исследования авторы сделали вывод, что *B. pumilus* SA388 является антагонистом широкого спектра и перспективной кормовой добавкой [5].

В работе Y. Shang et al (2018) отмечается, что желудочно-кишечный тракт кур содержит разнообразную и сложную микрофлору, которая играет жизненно важную роль в рационе питания. В статье представлен обзор современных знаний о функции желудочно-кишечного тракта кур и факторах, влияющих на разнообразие кишечной микробиоты. Сравниваются прошлые и современные подходы, которые используются в исследованиях микробиоты желудочно-кишечного тракта кур. Лучшее понимание функций кишечника и микробиоценоза кур дает новые возможности для улучшения здоровья птицы и повышения продуктивности [12].

В статье Ruixue Liu et al (2024) описано применение гесперидина, тимола, розмариновой кислоты и их совместное влияние на показатели роста, барьерную функцию кишечника и микрофлору слепой кишки у цыплят-бройлеров. Полученные данные свидетельствуют о том, что рацион, дополненный смесью препаратов в различных пропорциях,

улучшал показатели роста и барьерную функцию кишечника у бройлеров за счет модулирования микробиоты слепой кишки и ее метаболитов [10].

В обширной статье Y. Sun et al (2022) представлен диформиат калия ($\text{HCOOH} \cdot \text{HCOOK}$) как заменитель антибиотиков, используемый в качестве кормовой добавки [13].

В работе J. Guban et al (2006) описана взаимосвязь между приемом антимикробных препаратов с кормом, продуктивностью цыплят-бройлеров и снижением уровня популяции *Lactobacillus salivarius*. Хотя общее количество бактерий в содержимом подвздошной кишки было одинаковым независимо от того, применялись противомикробные препараты или нет, бактериальное сообщество отличалось качественно. Популяции *Lactobacillus salivarius* были снижены у птиц, которых кормили противомикробными препаратами [9].

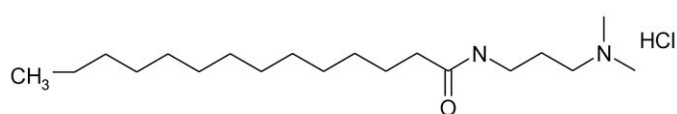
В обзоре Yugal Raj Bindari and Priscilla F. Gerber (2022) отмечается 5 наиболее доминирующих типов бактерий, обнаруженных в желудочно-кишечном тракте кур – это Firmicutes, Tenericutes, Bacteroidetes, протеобактерии и актинобактерии. Лактобациллы – это основные таксоны бактерий, обитающих в слизистой оболочке желудка, двенадцатиперстной кишки и подвздошной кишки. Бифидобактерии и энтеробактерии также часто обнаруживаются в зобе. Кислая среда желудка создает неблагоприятную среду для большинства бактерий, поэтому в нем содержится меньше бактерий, чем в других отделах ЖКТ. В желудке в основном содержатся лактобактерии с небольшим количеством энтерококков, кишечной палочки и лактозонегативных энтеробактерий (клебсиелла, протей, цитробактеры, энтеробактеры, гафнии, серрации). *Clostridium perfringens*, симбиотическая, но потенциально патогенная бактерия, также была обнаружена в желудке в очень небольшом количестве (103 бактерии на 1 г содержимого) [6].

Предметом наших исследований являются поверхностно-активные вещества ряда амидов жирных кислот, представляющие собой класс соединений, обладающих разнообразной биологической активностью. Антибактериальная активность этих соединений имеет широкий спектр действия. Они могут быть использованы в качестве антиинфекционных средств при бактериозах и протозоозах и могут найти широкое применение в области медицины и ветеринарии. В наших исследованиях так же была обнаружена ростостимулирующая активность этих веществ. Представленные в статье исследования представляют собой попытку объяснить установленный феномен.

Задача исследования: определить прирост массы, сохранность животных и состав микрофлоры кишечника цыплят раннего возраста в результате длительного выпаивания 0,01 %-го водного раствора хлористоводородной соли 3-диметиламинопропиламида миристиновой кис-

Таблица 3. Число микробных клеток в содержимом кишечника цыплят
Table The number of microbial cells in the contents of the intestines of chickens

Питательная среда, выделена культура бактерий	Пробы опытной группы		Пробы контрольной группы	
	Шифр пробы	Число КОЕ	Шифр пробы	Число КОЕ
Агар Эндо	32-1	10^2	32-7	10^4
	32-2	10^3	32-8	10^5
	32-3	10^4	32-9	<i>Proteus sp.</i> 10^4
Эшерихии	32-4	10^4	32-10	10^5
	32-5	10^3	32-11	<i>Proteus sp.</i> 10^2
	32-6	10^4	32-12	10^5
Лакто-агар Лактобактерии	32-1	10^8	32-7	10^4
	32-2	10^9	32-8	10^5
	32-3	10^9	32-9	10^4
	32-4	10^9	32-10	10^6
	32-5	10^9	32-11	10^2
	32-6	10^8	32-12	10^4
Mitis Salivarius agar bact Стрептококки	32-1	10^5	32-7	10^5
	32-2	10^4	32-8	10^6
	32-3	10^6	32-9	10^5
	32-4	10^6	32-10	10^6
Висмут-агар Сальмонеллы	32-5	10^4	32-11	0
	32-6	10^5	32-12	0
	32-1	0	32-7	10^4
	32-2	0	32-8	10^6
	32-3	0	32-9	0
	32-4	0	32-10	0
	32-5	0	32-11	0
	32-6	0	32-12	0



ПАВ 726

Рис. 1. Формула амида миристиновой кислоты
Fig. 1. Myristic acid amide formula

лоты (активнодействующая субстанция ПАВ 726), представленной на рис. 1.

Материалы и методы

Эксперименты на животных проводили в условиях экспериментальной базы СКЗНИВИ, в специализированных помещениях. Все процедуры проводили только на здоровых животных с учетом их состояния для получения точных и достоверных результатов эксперимента. При осуществлении экспериментов с участием животных велись протоколы, в которых документировались описание процедур, данные о прогнозируемых и полученных результатах, совершенных манипуляциях (введение веществ, эвтаназия и др.).

Животные: цыплята с 3-х дневного возраста, опытная группа: 25 голов, контрольная группа: 25 голов.

Птицу содержали в двух типовых брудерах, рассчитанных на 32 головы каждый. Препарат ПАВ726 был синтезирован в лаборатории СКЗНИВИ.

Ход опыта: животным опытной группы давали вместо воды ПАВ 726 свободной выпойкой из ниппельных автопиллок; контрольным – давали воду. Кормление в обеих группах было одинаковым: корм "ПК Старт" для цыплят с первого дня жизни. Спустя 7 дней животным опытной группы прекратили давать раствор ПАВ 726. В этот период цыплятам обеих групп давали воду, рацион кормления был прежним и одинаковым для опытных и контрольных цыплят. Через 7 дней животным опытной группы возобновили выпойку раствора ПАВ 726 и продолжали 7 дней. Контрольные цыплята продолжали получать воду. В период выпаивания раствора ПАВ 726 общее состояние цыплят оценили как удовлетворительное, нарушения аппетита не отметили, дисфункции кишечника не наблюдали, общей токсической реакции не наблюдали. По окончании второго цикла в 7 дней определили индивидуальную массу цыплят в обеих группах. "Усыпили" хлороформом (эвтаназия), произвели вскрытие, отобрали материал для определения микробного числа содержимого тонкого кишечника и слепых кишок (брали изолированный участок тонкого кишечника длиной 10 см и одну из слепых кишок) и материал для гистологического исследования (результаты которого будут представлены в следующей статье). Пробы брали от трёх опытных и трёх контрольных цыплят массой более 200 г каждый.

Определение микробного числа содержимого кишечника цыплят после длительного выпаивания водного раствора ПАВ 726

В содержимом обозначенных участков кишечника определяли число микробных клеток путем высева на селективные питательные среды: эндо-агар для выделения эшерихий (*E. coli* sp.), висмут-агар для выделения сальмонелл (*Salm.* sp.), лакто-агар для выделения лактобактерий и питательная среда Mitis Salivarius Bact для выделения из смешанных культур стрептококков (*Str.mitis*, *Str.salivarius*, *Enterococcus faecalis*). Использовали метод, который широко применяют для определения численности жизнеспособных клеток в различных естественных субстратах и в лабораторных культурах. В его основе лежит принцип Коха.

Методика описана в Государственной фармакопее Российской Федерации XIV издания [14].

Результаты исследования

Сохранность цыплят в группах: опытная группа – 22 головы; контрольная группа – 17 голов. Результаты определения индивидуальной массы цыплят в группах представлены в таблице 1.

Масса цыплят контрольной группы – 3724 г. Поскольку выборочная совокупность по варьирующему признаку (масса тела 1 цыпленка) в этой группе была однородной, то расчет средней арифметической массы 1 цыпленка произвели с учетом показателей всех цыплят. Расчет показал, что средняя масса цыпленка в контрольной группе составляла – 219 г. Правилами биометрической обработки лабораторных и клинических данных [3] рекомендуется при малой выборке проб ($n < 30$) прибегать к обследованию её части наиболее однородной и по варьирующему признаку правильно отражающей особенности генеральной совокупности. Исходя из этого правила в выборку совокупных данных по массе цыплят опытной группы не включили показатели 4 цыплят (№1, 6, 14, 18). Расчет показал, что средняя масса цыпленка в опытной группе составляла 234,6 г.

Биометрическая обработка результатов определения массы цыплят:

опытная группа $M_1 \pm m_1 = 256,1 \pm 7,53$;

$t = M:m = 256,1 : 7,53 = 34,01$; $t > t_{st}$, следовательно $P > 0,999$

(результат высоко достоверный);

контрольная группа $M_2 \pm m_2 = 213,8 \pm 9,73$; $t = M:m = 21,97$;

$t > t_{st}$, следовательно, результат высоко достоверный.

Достоверность разности средних $d_{1-2} = 256,1 - 213,8 = 42,3$; $md = 12,29$; $td = d:md = 42,3 : 12,29 = 3,44$; $td > t_{st}$ для двух уровней вероятности 2,1; 2,9; 3,9. Следовательно средняя масса цыплят опытной группы выше средней массы цыплят контрольной группы достоверна ($P > 0,99$). При биометрической обработке брали показатели массы 10 цыплят опытной и 10 цыплят контрольной группы. Выборку данных по массе цыплят проводили согласно правилам биометрической обработки лабораторных и клинических данных [3]

Таким образом, сохранность цыплят в опытной группе составила 88%, а в контрольной – 68%. Общая живая масса цыплят опытной группы (4802 г) превысила живую массу цыплят контрольной группы (3724 г) на 22,3%.

В таблице 2 представлено описание проб и их шифры.

Результаты этого исследования показали снижение в разы микробного числа бактерий в содержимом кишечника цыплят опытной группы в результате выпаивания ПАВ 726. У цыплят опытной группы отметили снижение числа эшерихий, отсутствие сальмонелл, в то же время, число лактобактерий у цыплят опытной группы было выше, чем у цыплят контрольной группы. У отдельных цыплят контрольной группы были установлены сальмонеллы и протей.

Общее заключение по опыту.

В нашей статье описано применение ПАВ 726 в рационе цыплят бройлерного типа и его влияние на сохранность, показатели роста, состав микрофлоры тонкого кишечника и слепой кишки у цыплят. Полученные данные свидетельствуют о том, что рацион, дополненный водным раствором хлористоводородной соли 3-диметиламинопропиламида амида миристиновой кислоты, улучшал показатели сохранности и роста цыплят, как мы считаем, за счет модулирования микробиоты тонкого кишечника и слепой кишки

В работе описана взаимосвязь между приемом антимикробного препарата с водой и продуктивностью цыплят-бройлеров, повышением уровня популяции *Lactobacillus*

сп. и снижением количества условно-патогенных бактерий в содержимом кишечника.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-26-00084, <https://rscf.ru/project/24-26-00084/>

Литература

1. Изменение бактериального сообщества в желудочно-кишечном тракте кур в онтогенезе / В. И. Фисинин, Г. Ю. Лаптев, И. Н. Никонов [и др.] // Сельскохозяйственная биология. - 2016. - Т. 51, № 6. - С. 883-890. - DOI 10.15389/agrobiol.2016.6.883rus. - EDN XGVRCR.
2. Казаков, А. С. Использование ферментно-пробиотического комплекса при выращивании цыплят-бройлеров: специальность 06.02.08 "Кормопроизводство, кормление сельскохозяйственных животных и технология кормов": диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Казаков Андрей Сергеевич, 2017. - 128 с. - EDN HZVYWE.
3. Лакин Г.Ф. Биометрия: учебное пособие для биологических специальностей вузов / Г. Ф. Лакин. - 4-е изд., перераб. и доп. - Москва: Высшая школа, 1990. - 351, [1] с.: ил.; 21 см.; ISBN 5-06-000471-6 (В пер.)
4. Успешная стратегия управления микробиомом кур / Г. Лаптев, Е. Иылдырым, Л. Ильина [и др.] // Комбикорма. - 2019. - № 1. - С. 80-83. - EDN YUJINV.
5. Beyari EA, Alshammari NM, Alamoudi SA, Mohamed AS, Altarjami LR, Baty RS, Alqadri N, Al-Nazawi AM, Saad AM, Taha TF, El-Saadony MT, El-Tarabily KA, Mostafa NG. Influences of *Bacillus pumilus* SA388 as an environmentally friendly antibiotic alternative on growth performance, blood biochemistry, immunology, cecal microbiota, and meat quality in broiler chickens. *Poult Sci.* 2024 Nov;103(11):104115. doi: 10.1016/j.psj.2024.104115. Epub 2024 Jul 17. PMID: 39303323; PMCID: PMC11438032.
6. Bindari YR, Gerber PF. Centennial Review: Factors affecting the chicken gastrointestinal microbial composition and their association with gut health and productive performance. *Poult Sci.* 2022 Jan;101(1):101612. doi: 10.1016/j.psj.2021.101612. Epub 2021 Nov 21. PMID: 34872745; PMCID: PMC8713025.
7. Dittoe DK, Olson EG, Ricke SC. Impact of the gastrointestinal microbiome and fermentation metabolites on broiler performance. *Poult Sci.* 2022 May;101(5):101786. doi: 10.1016/j.psj.2022.101786. Epub 2022 Feb 18. PMID: 35346496; PMCID: PMC9079343.

8. Gadde U, Kim WH, Oh ST, Lillehoj HS. Alternatives to antibiotics for maximizing growth performance and feed efficiency in poultry: a review. *Anim Health Res Rev.* 2017 Jun;18(1):26-45. doi: 10.1017/S1466252316000207. Epub 2017 May 9. PMID: 28485263.
9. Guban J, Korver DR, Allison GE, Tannock GW. Relationship of dietary antimicrobial drug administration with broiler performance, decreased population levels of *Lactobacillus salivarius*, and reduced bile salt deconjugation in the ileum of broiler chickens. *Poult Sci.* 2006 Dec;85(12):2186-94. doi: 10.1093/ps/85.12.2186. PMID: 17135676.
10. Liu R, Ding X, Dang M, Wang J, Zhu W. Effects of hesperidin, thymol, rosmarinic acid and their combined effect on growth performance, intestinal barrier function and cecal microbiota in broilers. *Poult Sci.* 2024 Aug 27;103(12):104247. doi: 10.1016/j.psj.2024.104247. Epub ahead of print. PMID: 39265517; PMCID: PMC11416348.
11. Mehdi Y, L?tourneau-Montminy MP, Gaucher ML, Chorfi Y, Suresh G, Rouissi T, Brar SK, C?t?C, Ramirez AA, Godbout S. Use of antibiotics in broiler production: Global impacts and alternatives. *Anim Nutr.* 2018 Jun;4(2):170-178. doi: 10.1016/j.aninu.2018.03.002. Epub 2018 Apr 3. PMID: 30140756; PMCID: PMC6103476.
12. Shang Y, Kumar S, Oakley B, Kim WK. Chicken Gut Microbiota: Importance and Detection Technology. *Front Vet Sci.* 2018 Oct 23;5:254. doi: 10.3389/fvets.2018.00254. PMID: 30406117; PMCID: PMC6206279.
13. Sun Y, Yu P, Cheng Y, Liu J, Chen X, Zhang T, Gao T, Zhou R, Li L. The Feed Additive Potassium Diformate Prevents Salmonella enterica Serovar Pullorum Infection and Affects Intestinal Flora in Chickens. *Antibiotics (Basel).* 2022 Sep 18;11(9):1265. doi: 10.3390/antibiotics11091265. PMID: 36140044; PMCID: PMC9495629.
14. <https://minzdrav.gov.ru/ministry/61/10/gosudarstvennaya-farmakopeya-rossiyskoy-federatsii-xiv-izdaniya>

References

1. Changes in the bacterial community in the gastrointestinal tract of chickens in ontogenesis / V. I. Fisinin, G. Yu. Laptev, I. N. Nikonov [et al.] // *Agricultural biology.* - 2016. - vol. 51, No. 6. - pp. 883-890. - DOI 10.15389/agrobiol.2016.6.883rus. - EDN XGVRCR.
2. Kazakov, A. S. The use of an enzyme-probiotic complex in the cultivation of broiler chickens: specialty 06.02.08 "Feed production, feeding of farm animals and feed technology": dissertation for the degree of candidate of agricultural sciences / Kazakov Andrey Sergeevich, 2017. - 128 p. - EDN HZVYWE.
3. Lakin G.F. Biometrics: a textbook for biological specialties of universities / G. F. Lakin. - 4th ed., reprint. and an additional one. - Moscow: Higher School, 1990. - 351, [1] p.: ill.; 21 cm.; ISBN 5-06-000471-6 (In trans.)
4. A successful strategy for managing the microbiome of chickens / G. Laptev, E. Yildirim, L. Ilyina et al. // *Compound feed.* - 2019. - No. 1. - pp. 80-83. - EDN YUJINV.

Пресс-релиз/ Press-release

Выявлена мошенническая схема ввода в оборот фальсифицированной животноводческой продукции

Россельхознадзор продолжает выявлять случаи ввода в оборот фальсифицированной животноводческой продукции. Использование в своей деятельности технологий искусственного интеллекта позволяет выявлять схемы, в которых хозяйствующие субъекты, используя неподконтрольную продукцию в качестве сырья, путем многократных транзакций перепроизводства и поставки другим хозяйствующим субъектам в конечном итоге вводят в оборот неподконтрольную животноводческую продукцию.

Так, при производстве ООО "РУСЬ" партии сухого молока в объеме 100 тонн в качестве исходного сырья на 80% использовалась кукурузная мука мелкого помола. ООО "МАСЛЕНКА", в свою очередь, при производстве партии сухого молока в объеме 20 тонн использовало неподконтрольное сырье (белок сухой, жир концентрированный) в объеме 12 тонн. В производственной партии сливок объемом 1 042 тонны у ООО "ФРЕШ-МАРКЕТ" недостаток расчетного объема молока (м.д.ж. 3,4%) в сырье составил

15 222 тонн. ООО "Молочный дом" из нескольких партий сухого молока по техническим условиям была выработана одна партия сухого молока по ГОСТ.

Применение искусственного интеллекта дает возможность выявлять мошеннические схемы даже при обнаружении "простых" подозрительных операций, таких как перевозка больших объемов продукции на легковом транспортном средстве. В итоге выявляются конечные бенефициары, которые, используя технологические особенности производства, пытаются ввести в оборот некачественную или фальсифицированную продукцию.

Россельхознадзор обращает внимание хозяйствующих субъектов на недопустимость использования подобных схем. При их выявлении будут приниматься решения для проведения контрольно-надзорных мероприятий и необходимые меры реагирования по пресечению ввода в оборот фальсификата и его дальнейшего распространения.

Гражданам Россельхознадзор рекомендует при приобретении животноводческой продукции обращать внимание на ее состав, нанесенный на этикетку, а в случае, если товар подлежит обязательной маркировке, воспользоваться для его проверки приложением "Честный Знак".

По материалам Россельхознадзора

Публикуется на принципах открытого доступа
Published under an open access license
Creative Commons Attribution 4.0 International License.

DOI CrossRef:10.30917/ATT-VK-1814-9588-2025-1-14
УДК 636.084.1

Оценка морфо-биохимического и антиоксидантного статусов крови ремонтных телок при скармливании хвойно-минеральной добавки



Терещенко В.А.

Терещенко В.А., кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, v.a.tereshchenko@mail.ru
Любимова Ю.Г., кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, juljuli@inbox.ru
Иванов Е.А., кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, заведующий отделом, e.a.ivanov@bk.ru
Красноярский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – обособленное подразделение Федерального исследовательского центра "Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук", г. Красноярск

Ключевые слова: ремонтные телки, кормовая добавка, хвойная мука, скорлупа кедрового ореха, арабиногалактан, вермикулит, биохимические показатели крови, антиоксидантный статус.

Резюме. В кормлении сельскохозяйственных животных актуально использование нетрадиционных местных, безопасных, биологически полноценных и доступных по цене кормовых ресурсов, оказывающих благоприятное воздействие на обмен веществ, здоровье и продуктивность животных. Представлены результаты исследований по изучению влияния хвойно-минеральной кормовой добавки из лесной биомассы (сосновой хвойной муки, скорлупы кедрового ореха, арабиногалактана) и вспученного вермикулита на биохимические и морфологические показатели крови и общий антиоксидантный статус ремонтных телок. Исследования были проведены в условиях ОПХ "Михайловское" – филиале ФИЦ КНЦ СО РАН Ужурского района Краснояр-

Для цитирования / For citation

Терещенко, В.А. Оценка морфо-биохимического и антиоксидантного статусов крови ремонтных телок при скармливании хвойно-минеральной добавки / В.А. Терещенко, Ю.Г. Любимова, Е.А. Иванов // Ветеринария и кормление. – 2025. – №1. – С.68–73.

Tereshchenko VA, Lyubimova YuG, Ivanov EA. Evaluation of the morpho-biochemical and antioxidant statuses of the blood of replacement heifers when feeding them a coniferous mineral supplement. // Veterinaria i kormlenie. – 2025. – #1. – P.68–73.

Evaluation of the morpho-biochemical and antioxidant statuses of the blood of replacement heifers when feeding them a coniferous mineral supplement

Tereshchenko V.A., Lyubimova Yu.G., Ivanov E.A.
Krasnoyarsk Scientific Research Institute of Agriculture - Separate Division of Federal Research Center "Krasnoyarsk Science Center" of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Krasnoyarsk

Key words: replacement heifers, forage development, coniferous flour, pine nut shells, arabinogalactan, vermiculite, blood biochemical parameters, antioxidant status.

Abstract. In feeding farm animals, it is important to use non-traditional local, safe, biologically complete and affordable feed resources that have a beneficial effect on the metabolism, health and productivity of animals. The article presents the results of studies on the effect of a coniferous-mineral feed additive from forest biomass (pine coniferous flour, cedar nut shells, arabinogalactan) and expanded vermiculite on biochemical and morphological parameters of blood and the general antioxidant status of replacement heifers. The research was conducted in the conditions in the EPF "Mikhailovskoye" - a branch of the FRC KSC SB RAS of the Uzhursky District of the Krasnoyarsk region on three groups of Black-Motley breed replacement heifers (control and two experimental) aged 14 months, 10 heads in each group. The duration of the experiment was 90 days. The heifers of the experimental groups, unlike the control group, were fed a coniferous-mineral feed additive in different doses in addition to the main diet: 1st group - 100 g/head/day, 2nd - 150 g/head/day. The heifers were kept in the same conditions, loose in groups in lightweight buildings with walking yards. The research and data processing were carried out according to generally accepted methods using modern equipment. As a result of the research, it was established that the feed additive under study did not have a negative effect on the metabolism of the heifers, all the studied blood parameters corresponded to the norm for healthy animals. The most positive effect on the metabolism of animals was demonstrated by the dosage of the feed additive in the amount of 150 g/head/day, feeding which contributed to an increase, compared to the analogs of the control group, in the blood of the content of total protein by 10.8%, iron - by 6.6%, calcium - by 21.3%, magnesium - by 26.4%, erythrocytes by 13.32%, hemoglobin - by 5.0%, the average hemoglobin content in erythrocytes - by 18.05%, as well as an improvement in the overall antioxidant status in the body.

ского края на трех группах ремонтных телок черно-пестрой породы (контрольная и две опытные) в возрасте 14 месяцев, по 10 голов в каждой группе. Продолжительность опыта составляла 90 дней. Телкам опытных групп, в отличие от контрольной, дополнительно к основному рациону скармливали хвойно-минеральную кормовую добавку в разных дозировках: 1-й группе – 100 г/гол/сут., 2-й – 150 г/гол/сут. Телки содержались в одинаковых условиях, беспривязно групповым способом в помещениях облегченного типа с выгульными дворами. Исследования и обработка данных проведены по общепринятым методикам с использованием современного оборудования. В результате исследований было установлено, что изучаемая кормовая добавка не оказала отрицательного влияния на обмен веществ телок, все изучаемые показатели крови соответствовали норме для здоровых животных. Наиболее положительный эффект на

метаболизм животных оказала дозировка кормовой добавки в количестве 150 г/гол/сут., скармливание которой способствовало повышению, по сравнению с аналогами контрольной группы, в крови содержания общего белка на 10,8 %, железа – на 6,6 %, кальция – на 21,3 %, магния – на 26,4 %, эритроцитов – на 13,32 %, гемоглобина – на 5,0 %, среднего содержания гемоглобина в эритроците – на 18,05 %, а также улучшению общего антиоксидантного статуса в организме.

Введение

Создание высокопродуктивных стад молочного скота возможно только при обеспечении целенаправленного выращивания ремонтного молодняка. Полноценное обеспечение растущего организма питательными и биологически активными веществами является гарантией выращивания здоровых и высокопродуктивных животных [1].

При выращивании ремонтных телок крупного рогатого скота в качестве кормовых средств часто используются дорогостоящие продукты химического синтеза, что вызывает повышение себестоимости продукции животноводства. В этой связи технология выращивания ремонтных телок крупного рогатого скота должна постоянно совершенствоваться с применением научно-обоснованной системы кормления и содержания [2].

Качество кормов, производимых в хозяйствах и составляющих основной рацион животных, не всегда позволяет полностью удовлетворить их потребности в питательных и биологически активных веществах, что обуславливает постоянный поиск природных биологически активных добавок, способных восполнить недостаток этих веществ, повысить иммунитет животных, укрепить их здоровье, предотвратить заболевания и отказать от использования антибиотиков [3].

Кормовые добавки, созданные на основе продуктов переработки леса, таких как хвойная мука, скорлупа кедрового ореха и арабиногалактан, способны восполнить потребность животных в макро- и микроэлементах, витаминах, аминокислотах. Они содержат фенольные соединения и дубильные вещества, способствуют антиоксидантной защите организма, хорошему росту молодняка крупного рогатого скота [4].

Биологически активные вещества хвои способны стимулировать иммунную систему и клеточную репарацию в животном организме, проявлять антистрессовую, адаптогенную, противовоспалительную, антиоксидантную активности. Содержащиеся в скорлупе кедрового ореха таниды обладают вяжущим, противовоспалительным, противомикробным и ранозаживляющим свойствами. Из неорганических веществ в хвое и скорлупе содержится много калия, магния, фосфора, кремния, кальция, натрия, железа, марганца, цинка, меди [5].

Арабиногалактан, получаемый из коры и древесины лиственницы, при применении в кормлении ремонтных

телок способствует повышению интенсивности белкового, азотистого, липидного, углеводного, энергетического обменов в организме, улучшает функциональное состояние печени, что положительно сказывается на формировании продуктивного здоровья будущих молочных коров [6].

Перспективным сырьем для производства кормовых добавок являются природные минералы, поскольку они повсеместно распространены, имеют низкую стоимость и при скармливании в рекомендованных количествах не оказывают побочных эффектов для здоровья животных [7]. Кроме того, применение в кормлении сельскохозяйственных животных природных минералов, в частности вспученного вермикулита, при загрязнении кормов токсикологическими агентами разного происхождения (продукты жизнедеятельности плесневых грибов и бактерий, тяжелые металлы) положительно сказывается на их здоровье, продуктивности и воспроизводительной способности. Это обусловлено слоистой структурой вермикулита, способной адсорбировать токсины в организме животных [8].

Кроме сорбционных свойств, вермикулит обладает способностью к ионообмену, благодаря чему он оказывает регулирующее воздействие на интенсивность минерального обмена в организме животных, что способствует рациональному использованию питательных веществ рациона и создает необходимые условия для повышения общей резистентности организма и продуктивности животных [9].

На всех этапах выращивания ремонтного молодняка крупного рогатого скота необходим контроль состояния его здоровья, что можно осуществлять с помощью анализа морфологических и биохимических показателей крови животных. Регулярный мониторинг этих показателей позволяет оценивать интенсивность протекания обменных процессов, полноценность потребляемых рационов и соответствие условий содержания физиологическим потребностям животных [10].

Целью исследований было изучение влияния кормовой добавки из лесной биомассы (сосновой хвойной муки, скорлупы кедрового ореха, арабиногалактана) и вспученного вермикулита на показатели обмена веществ ремонтных телок.

В задачи исследований входило:

1. Изучить биохимические и морфологические показатели крови ремонтных телок под влиянием разных дозровок изучаемой добавки;
2. Изучить общий антиоксидантный статус ремонтных телок под влиянием разных дозровок изучаемой добавки.

Материал и методика исследований

Для проведения научно-хозяйственного опыта в ОПХ "Михайловское" – филиале ФИЦ КНЦ СО РАН Красноярского края по принципу аналогов было сформировано 3 группы по 10 голов (контрольная и две опытные) ремонтных телок черно-пестрой породы в возрасте 14 месяцев. Опыт длился 90 дней. Исследования проводили согласно

Группа	Количество животных, гол.	Продолжительность опыта, дней	Условия кормления
Контрольн.	10	90	Основной рацион (ОР)
1-я опытная	10	90	ОР + хвойно-минеральная кормовая добавка (сосновая хвойная мука + скорлупа кедрового ореха + вспученный вермикулит + арабиногалактан) 100 г/гол/сут.
2-я опытная	10	90	ОР + хвойно-минеральная кормовая добавка (сосновая хвойная мука + скорлупа кедрового ореха + вспученный вермикулит + арабиногалактан) 150 г/гол/сут.

схеме опыта, представленной в таблице 1.

Подопытные животные содержались беспривязно в помещениях облегченного типа с выгульными дворами в группах по 10 голов. Кормление производилось два раза в день. Основной рацион хозяйства включал (кг/гол/сут.): сено злаково-бобовое – 3,0; сенаж однолетний – 12; зерно-смесь (пшеница – 30 %, овес – 60 %, ячмень – 10 %) – 1,5; мел – 0,03; соль – 0,04.

Для приготовления кормовой добавки использовали высушенную и измельченную на молотковой дробилке до состояния муки хвою сосны обыкновенной (лат. *Pinus sylvestris*) и скорлупу кедрового ореха (лат. *Pinus sibirica*), арабиногалактан лиственницы даурской (лат. *Larix dahurica*) производства АО "Аметис" (г. Благовещенск), вспученный вермикулит производства ООО "Сивер" (Красноярский край). Все компоненты кормовой добавки взвешивали на весах, смешивали и согласно изучаемой дозировке скармливали опытным группам во время утреннего кормления в смеси с концентратами один раз в сутки.

Взятие крови для исследований производили в начале и в конце опыта утром до кормления у животных всех групп методом пункции хвостовой вены при помощи специальных кровопускательных игл и пластиковых вакуумных пробирок (PUTH, КНР).

Биохимический состав сыворотки крови и общий антиоксидантный статус определяли в лаборатории отдела животноводства КрасНИИСХ ФИЦ КНЦ СО РАН на автоматическом биохимическом и иммуноферментном анализаторе крови "Chem Well 2910 c" (Awareness Tehnology, США) с использованием наборов реагентов "Вектор-Бест" (АО "Вектор-Бест", Россия), морфологический состав крови – в лаборатории НИИ МПС ФИЦ КНЦ СО РАН на гематологическом анализаторе крови "DxH 500" (Beckman Coulter, США). Полученные опытные цифровые данные подвергали биометрической обработке в программе "Биометрический анализ количественных признаков в зоотехнии" (ФИЦ КНЦ СО РАН,

г. Красноярск). Разницу между группами животных считали статистически значимой при $p \leq 0,05$.

Результаты исследований

Наблюдение за поведением подопытных ремонтных телок в ходе проведения опыта показало, что все животные были активны и хорошо поедали кормовую добавку.

В начале опыта (табл. 2) по показателям биохимического состава крови подопытных телок между группами достоверных различий установлено не было. Концентрация в крови всех изученных показателей соответствовала физиологической норме, что свидетельствует о нормальном протекании метаболизма в организме животных.

В конце опыта (табл. 3) в крови ремонтных телок 1-й и 2-й опытных групп, по сравнению с контрольной группой, содержалось достоверно больше общего белка на 9,9 ($p \leq 0,05$) и 10,8 % ($p \leq 0,05$), железа – на 6,2 ($p \leq 0,05$) и 6,6 % ($p \leq 0,01$), кальция – на 20,8 ($p \leq 0,05$) и 21,3 % ($p \leq 0,05$), магния – на 20,9 и 26,4 % ($p \leq 0,05$), соответственно. Кроме того, отмечена тенденция увеличения содержания альбумина в крови опытных групп по сравнению с контролем: в 1-й – на 11,8 %, во 2-й – на 12,8 %, однако эти различия не были статистически значимы. Стоит отметить, что все исследуемые биохимические показатели крови животных находились в пределах физиологической нормы [11].

Морфологические показатели крови ремонтных телок в начале опыта (табл. 4) не имели достоверных различий между подопытными группами и находились в пределах физиологической нормы [11], что свидетельствует о нормальном морфофункциональном состоянии организма животных.

В конце опыта по показателям морфологического состава крови ремонтных телок (табл. 5) установлено достоверное увеличение в крови животных 1-й и 2-й опытных групп, по сравнению с контролем, соответственно: эритроцитов на 11,78 % ($p \leq 0,05$) и на 13,32 % ($p \leq 0,05$); гемоглобина – на 3,28 % ($p \leq 0,05$) и на 5,0 % ($p \leq 0,05$); среднего содержания гемоглобина в эритроците – на 9,8 % ($p \leq 0,05$) и на 18,05 % ($p \leq 0,05$). Также была отмечена тенденция к увеличению в крови животных опытных групп, по сравнению с контрольной группой, содержания лейкоцитов на 10,1–13,7 % и лимфоцитов – на 8,0–15,3 %. При этом все изученные морфологические показатели крови телок соответствовали физиологической норме, что свидетельствует о том, что скармливание испытываемой кормовой добавки не вызвало отрицательных изменений в морфологическом составе крови животных.

В любом здоровом организме в процессе метаболизма поддерживается баланс между образованием прооксидантов и антиоксидантной защитой. Дисбаланс в этом равновесии в сторону образования прооксидантов может привести к потенциальному повреждению биомолекул и возникновению сбоев в работе всех органов и систем организма [12]. Общий

Таблица 2. Биохимические показатели крови ремонтных телок в начале опыта ($M \pm m$, $n=10$)
Table 2. Biochemical parameters of repair heifers' blood at the beginning of the experiment ($M \pm m$, $n=10$)

Показатель	Группа		
	контрольная	1-я опытная	2-я опытная
Холестерин, ммоль/л	1,64±0,30	2,11±0,40	2,27±0,54
Триглицериды, ммоль/л	0,24±0,01	0,17±0,02	0,22±0,01
Общий белок, г/л	38,54±3,35	42,20±2,65	39,04±3,60
Амилаза, ед/л	6,50±0,95	6,90±0,82	6,70±1,37
Альбумин, ммоль/л	6,95±1,52	8,83±1,46	9,81±2,42
Железо, мкмоль/л	11,53±1,52	12,26±2,32	11,97±2,13
Кальций, ммоль/л	2,15±0,34	2,03±0,40	2,25±0,35
Магний, ммоль/л	0,78±0,18	0,79±0,12	0,85±0,09
Фосфор, ммоль/л	1,08±0,07	1,18±0,09	1,14±0,10
Хлориды, ммоль/л	32,70±6,31	36,40±4,74	34,00±9,75

Таблица 3. Биохимические показатели крови ремонтных телок в конце опыта ($M \pm m$, $n=10$)
Table 3. Biochemical parameters of repair heifers' blood at the end of the experiment ($M \pm m$, $n=10$)

Показатель	Группа		
	контрольная	1-я опытная	2-я опытная
Холестерин, ммоль/л	2,45±0,41	2,58±0,24	2,65±0,36
Триглицериды, ммоль/л	0,37±0,01	0,33±0,02	0,39±0,05
Общий белок, г/л	48,13±3,92	52,91±0,79*	53,32±0,64*
Амилаза, ед/л	10,10±2,64	11,30±1,70	10,70±2,01
Альбумин, ммоль/л	11,26±2,07	12,59±2,09	12,70±1,61
Железо, мкмоль/л	18,25±0,31	19,38±0,18*	19,45±0,16**
Кальций, ммоль/л	2,21±0,11	2,67±0,16*	2,68±0,15*
Магний, ммоль/л	1,10±0,08	1,33±0,07	1,39±0,09*
Фосфор, ммоль/л	1,45±0,09	1,46±0,03	1,44±0,04
Хлориды, ммоль/л	41,60±6,35	45,30±5,94	49,70±6,01

Примечание – здесь и далее: * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$.

антиоксидантный статус сыворотки крови позволяет судить о возможности животного организма противостоять окислительному стрессу.

Из данных таблицы 6 видно, что в конце опыта животные опытных групп имели тенденцию к увеличению показателей общего антиоксидантного статуса по сравнению с животными контрольной группы на 3,78–4,55 %, тогда как в начале опыта данные показатели значительно не отличались. Это может свидетельствовать о том, что испытываемая кормовая добавка не оказывала окислительного стресса на организм животных, а, напротив, способствовала улучшению антиоксидантной защиты организма.

Обсуждение результатов исследований

В результате исследований было установлено, что испытываемая кормовая добавка из лесных ресурсов и природного минерала положительно отразилась на морфо-

биохимическом и антиоксидантном статусах крови ремонтных телок крупного рогатого скота, позволив достоверно увеличить концентрацию общего белка в крови на 9,9–10,8 %, железа – на 6,2–6,6 %, кальция – на 20,8–21,3 %, магния – на 26,4 %. Отмечена тенденция увеличения содержания в пределах нормы лейкоцитов на 10,1–13,7 %, эритроцитов – на 9,1–13,3 %, гемоглобина – на 2,2–4,4 %, лимфоцитов – на 8,0–15,3 %, среднего содержания гемоглобина в эритроците – на 8,3–19,0 %; общего антиоксидантного статуса – на 3,78–4,55 %. Полученные результаты исследований согласуются с данными других ученых, изучавших возможность применения в кормлении крупного рогатого скота натуральных кормовых добавок из природных растительных и минеральных ресурсов.

В исследованиях В.А. Леухиной и др. (2023) после применения хвойно-фитогенных кормовых добавок в кор-

Таблица 4. Морфологические показатели крови ремонтных телок в начале опыта ($M \pm m$, $n=10$)
Table 4. Morphological parameters of replacement heifers' blood at the beginning of the experiment ($M \pm m$, $n=10$)

Показатель	Группа		
	контрольная	1-я опытная	2-я опытная
Лейкоциты, 10^9 клеток/л	6,98±0,79	7,10±0,59	6,95±0,72
Эритроциты, 10^9 клеток/л	5,30±0,39	5,29±0,29	5,20±0,14
Лимфоциты, 10^9 клеток/л	3,08±0,22	3,01±0,23	3,08±0,27
Моноциты, 10^9 клеток/л	0,39±0,05	0,37±0,05	0,30±0,03
Нейтрофилы, 10^9 клеток/л	2,66±0,63	2,20±0,26	2,41±0,11
Эозинофилы, 10^9 клеток/л	0,23±0,05	0,28±0,06	0,22±0,06
Базофилы, 10^9 клеток/л	0,01±0,00	0,02±0,00	0,01±0,00
Гемоглобин, г/л	93,21±2,21	87,02±3,40	96,92±3,61
Средний объем эритроцита, фл	45,82±0,96	45,62±0,70	45,78±0,78
Среднее содержание гемоглобина в эритроците, пг	20,97±1,94	20,03±1,62	18,61±0,23
Средняя концентрация гемоглобина в эритроцитах, г/л	357,10±21,58	366,50±25,66	316,90±20,57
Распределение эритроцитов, %	24,92±0,82	24,46±0,62	24,20±0,57
Распределение эритроцитов, фл	25,20±1,28	26,31±1,05	27,18±0,43
Тромбоциты, 10^9 клеток/л	300,36±18,38	359,71±53,10	304,33±26,93
Средний объем тромбоцита, фл	6,32±0,53	7,49±0,43	6,89±0,53

Таблица 5. Морфологические показатели крови ремонтных телок в конце опыта ($M \pm m$, $n=10$)
Table 5. Morphological parameters of replacement heifers' blood at the end of the experiment ($M \pm m$, $n=10$)

Показатель	Группа		
	контрольная	1-я опытная	2-я опытная
Лейкоциты, 10^9 клеток/л	7,21±0,46	8,20±1,05	7,94±0,70
Эритроциты, 10^9 клеток/л	5,18±0,24	5,79±0,10*	5,87±0,04*
Лимфоциты, 10^9 клеток/л	3,13±0,16	3,38±0,21	3,61±0,20
Моноциты, 10^9 клеток/л	0,30±0,02	0,35±0,02	0,38±0,03
Нейтрофилы, 10^9 клеток/л	4,88±0,48	4,92±0,49	4,94±0,48
Эозинофилы, 10^9 клеток/л	0,26±0,01	0,25±0,10	0,38±0,16
Базофилы, 10^9 клеток/л	0,01±0,00	0,01±0,00	0,01±0,00
Гемоглобин, г/л	100,08±1,16	103,36±0,87*	105,08±1,50*
Средний объем эритроцита, фл	45,17±0,60	46,26±0,98	46,79±0,83
Среднее содержание гемоглобина в эритроците, пг	17,67±0,17	19,40±0,74*	20,86±1,38*
Средняя концентрация гемоглобина в эритроцитах, г/л	366,44±12,89	376,80±12,01	371,20±11,19
Распределение эритроцитов, %	25,68±0,71	25,71±0,82	24,84±0,66
Распределение эритроцитов, фл	28,07±0,38	26,51±1,30	28,06±1,27
Тромбоциты, 10^9 клеток/л	320,91±12,68	330,85±29,49	327,53±11,47
Средний объем тромбоцита, фл	7,15±0,58	7,16±0,48	7,45±0,36

Таблица 6. Общий антиоксидантный статус ремонтных телок в начале и в конце опыта ($M \pm m$, $n=10$)
Table 6. The overall antioxidant status of repair heifers at the beginning and end of the experience ($M \pm m$, $n=10$)

Группа	Общий антиоксидантный статус, ммоль/л	
	в начале опыта	в конце опыта
контрольная	1,30±0,01	1,32±0,02
1-я опытная	1,29±0,01	1,37±0,01
2-я опытная	1,29±0,01	1,38±0,01

влении телят установлено достоверное повышение количества эритроцитов в крови животных на 23,9 %, уровня гемоглобина – на 10,5 %. Также наблюдалось увеличение в сыворотке крови опытных телят количества общего белка на 9,7 % и уровня железа – на 38,5 % [13].

Короткий В.П. и др. (2022) в своих исследованиях установили улучшение белкового, углеводно-липидного и минерального обмена веществ в организме молодняка крупного рогатого скота при скармливании им кормовой фитогенной добавки на основе хвои: в крови животных достоверно увеличилась концентрация белка на 4,3–6,0 %, кальция – на 4,0 %, γ -глобулинов – на 5,7–6,0 %, повысился валовой прирост живой массы на 11,3–15,5 % при снижении затрат ЭКЕ на 10,3–13,3 % [14].

При изучении влияния применения в рационах телят хвойно-энергетической кормовой добавки в отдельности и в сочетании с сорбционно-пробиотической добавкой Короткий В.П. с соавторами (2024) установили, улучшение морфо-биохимического статуса крови и состояния иммунной системы животных, поскольку в крови достоверно увеличилась концентрация эритроцитов на 9,49–14,04 %, гемоглобина – на 13,56–15,16 %, белка – на 5,30–7,70 % и его фракций, белкового индекса – на 3,97–7,20 %, увеличилось содержание лейкоцитов, улучшилась лейкограмма, индекс иммунореактивности, индекс Гаркави. Данные положительные изменения отразились на интенсивности роста молодняка: абсолютный прирост повысился на 10,26 %, среднесуточный – на 12,43 % [15].

Наумова Е.М. и др. (2021) при скармливании телятам кормовой добавки, включающей хвою пихты и природный глинистый минерал, получили данные по улучшению белкового обмена и дыхательной функции крови, поскольку наблюдалась тенденция увеличения содержания в крови гемоглобина, эритроцитов, лейкоцитов и общего белка [16].

Новикова Т.В. и др. (2019) изучали влияние кормовой добавки "Хвоя" на коров и установили, что добавка оказала положительные влияние на здоровье животных (общие клинические показатели, биохимический, гематологический и иммунологический анализы крови, качество отела), молочную продуктивность, качество молока. Авторы отметили повышение в крови коров белка, каротина, бактерицидной и фагоцитарной активности крови, оптимизацию соотношения сегментоядерных нейтрофилов, эозинофилов. Авторы сделали вывод о более сильной иммунной защите организма коров, потреблявших исследуемую кормовую добавку [17].

В экспериментах Гертман А.М. и др. (2014) при применении вермикулита в кормлении коров на территориях, загрязненных тяжелыми металлами, было установлено достоверное увеличение в крови животных уровня меди в 2,3 раза, цинка – на 14,4 % и марганца – на 84,6 %. Кроме этого, у коров нормализовались показатели рубцового пищеварения: активная реакция среды (рН) повысилась на 16,6 %, численность инфузорий – на 92,2 %, ЛЖК – на 17,6 %, а также повысился удой на 10,4 % [18].

Антиоксидантную активность фитопрепаратов связывают с содержанием в растениях фенольных соединений, в том числе фенольных кислот, терпеноидов, флаваноидов, эфирных масел [19]. Ярован Н.И. и Северинова А.В. (2018) при скармливании настоя хвои коровам установили снижение уровня свободно-радикального окисления в крови коров, что позволило авторам сделать вывод о наличии антиоксидантных свойств хвои и рекомендовать ее для использования в качестве препарата антиоксидантного действия, способствующего снижению свободно-радикального окисления в организме [20].

Kulakova T.S. et al. (2019) при комплексном скармлива-

нии коровам адсорбента вермикулита и фитобиотика Экстракта Руминант выявили, что включение этих препаратов в рацион положительно отразилось на плотности инфузорий рубца, которая увеличилась 15,4–52,3 % и на удое коров, который повысился на 3,8–4,1 % [21].

Увеличение содержания эритроцитов и гемоглобина в крови телок при скармливании им кормовых добавок с растительными и минеральными компонентами, установленное в наших исследованиях, может свидетельствовать об усилении кислородно-транспортной функции в крови животных, большей интенсивности обменных процессов в их организме, что подтверждается данными о достоверном повышении содержания общего белка в сыворотке крови и усилении белкового обмена. Поскольку одной из важнейших функций белков крови является иммунная, можно сделать предположение о повышении иммунного статуса животных опытных групп.

Исследователи отмечают, что показатели антиоксидантной защиты организма поддаются коррекции при помощи различных фитопрепаратов [22, 23]. Улучшение показателя общего антиоксидантного статуса в организме подопытных коров может объясняться механизмом действия составных компонентов испытываемой кормовой добавки, которые в организме жвачных животных способны регулировать процессы рубцовой ферментации и пищевого метаболизма, преобразования и улучшения усвоения питательных веществ [24]. Кроме того, обладая противомикробной, противовирусной, антистрессовой, иммуномодулирующей и антиоксидантной активностями, они могут в разной степени оказывать положительное влияние на иммунологические процессы в организме [25], снижать выбросы метана и аммиака, а также токсичность тяжелых металлов, антибиотиков и микотоксинов [24].

В ходе антиоксидантной защиты удаляются промежуточные радикалы и поврежденные молекулы, а в клетках активизируется синтез защитных молекул [26]. Анализ научных публикаций показал, что применение в кормлении крупного рогатого скота натуральных кормовых добавок из природных растительных и минеральных ресурсов, способствует улучшению обмена веществ в организме, укреплению иммунитета и общей резистентности животных.

Выводы

Таким образом, в результате проведенных исследований были сделаны следующие выводы:

1. Скармливание ремонтным телкам хвойно-минеральной кормовой добавки из лесной биомассы (сосновой хвойной муки, скорлупы кедрового ореха, арабиногалактана) и вспученного вермикулита не вызвало отрицательных изменений в морфологическом и биохимическом составе крови, общем антиоксидантном статусе животных.

2. Наиболее благоприятный биологический эффект на организм телок оказала дозировка кормовой добавки в количестве 150 г/гол/сут., которая позволила повысить содержание в крови общего белка на 10,8 %, железа – на 6,6 %, кальция – на 21,3 %, магния – на 26,4 %, эритроцитов на 13,32 %, гемоглобина – на 5,0 %, среднего содержания гемоглобина в эритроците – на 18,05 %, способствовала улучшению общего антиоксидантного статуса.

Источник финансирования. Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (проект № 122031400484-7).

Литература

1. Полноценное кормление молочного скота - основа реализации генетического потенциала продуктивности / В.И. Волгин [и др.]; Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных. - Москва: РАН, 2018. - 260 с.

2. Научные основы выращивания ремонтного молодняка крупного рогатого скота: монография / Д.М. Богданович [и др.]. - Жодино: Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству, 2022. - 303 с.
3. Жданова, И.Н. Использование левзеи сафлоровидной при выращивании телок черно-пестрой породы / И.Н. Жданова, Н.А. Морозков // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. - 2022. - № 23. - С. 868-876. - DOI: 10.30766/2072-9081.2022.23.6.868-876.
4. Григорьева, А.И. Эффективность хвойно-минеральной и цеолитовой добавок в кормлении первотелок в условиях Якутии / А.И. Григорьева, К.Р. Бабухадия, Р.Л. Шарвадзе // *Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство*. - 2023. - № 12. - С. 23-31. - DOI: 10.33920/sel-05-2312-03.
5. Изучение элементного состава водных экстрактов хвойных растений Сибири / О.В. Иванова [и др.] // *Химия растительного сырья*. - 2021. - № 3. - С. 181-190. - DOI: 10.14258/jcprm.2021038714.
6. Фомичев, Ю.П. Повышение жизнеспособности телят в период выращивания путем добавления в рацион биоэлементного комплекса, антиоксиданта и пребиотика / Ю.П. Фомичев // *Молочное и мясное скотоводство*. - 2022. - № 1. - С. 46-50. - DOI: 10.33943/MMS.2022.86.94.009.
7. Применение сорбентов для профилактики нарушения обмена веществ и токсикозов животных / К.Х. Папуниди [и др.]. - Казань: Федеральный центр токсикологической, радиационной и биологической безопасности, 2018. - 224 с.
8. Natural Clays as Potential Amino Acids Carriers for Animal Nutrition Application / С. Cristiani [et al.] // *Applied Sciences*. - 2021. - Vol. 11. - 5669. - DOI: 10.3390/app11125669.
9. On how montmorillonite as an ingredient in animal feed functions / J.H. Liu [et al.] // *Applied Clay Science*. - 2021. - Vol. 202. - 105963. - DOI: 10.1016/j.clay.2020.105963.
10. Филиппова, О.Б. Значение клинического анализа крови для оценки физиологического статуса телят при скармливании фитоминеральной добавки / О.Б. Филиппова, М.И. Сухарев // *Наука и образование*. - 2021. - Т. 4 (2). - С. 210.
11. Медведева, М.А. Клиническая ветеринарная лабораторная диагностика / М.А. Медведева. - Москва: Аквариум Принт, 2013. - 415 с.
12. Дегтева, С.А. Набор реагентов для определения общего антиоксидантного статуса / С.А. Дегтева, В.И. Офицеров // *Новости "Вектор-Бест"*. - 2022. - № 3. - С. 2-7.
13. Леухина, В.А. Изменения морфо-биохимических показателей крови телят после применения хвойно-фитогенных кормовых добавок при эймериозной кишечной инвазии / В.А. Леухина, О.О. Скорнякова, В.П. Короткий // *Актуальные проблемы лечения и профилактики болезней молодняка: мат-лы Международ. науч.-практ. конф. (Витебск, 02-04 ноября 2023 г.)*. - Витебск: УО "Витебская ордена "Знак Почета" государственная академия ветеринарной медицины", 2023. - С. 215-220.
14. Эффективность использования кормовой фитодобавки в кормлении телят / В.П. Короткий [и др.] // *Зоотехническая наука Беларуси*. - 2022. - Т. 57, № 1. - С. 227-234. - DOI: 10.47612/0134-9732-2022-57-1-227-234.
15. Применение кормовых добавок на основе хвои и диатомита в рационах телят / В.П. Короткий [и др.] // *Зоотехния*. - 2024. - № 2. - С. 10-15. - DOI: 10.25708/ZT.2024.68.91.004.
16. Наумов, Е.М. Некоторые особенности воздействия на рост и развитие телят в молочный период кормовой добавки ТТК(г) / Е.М. Наумов, И.В. Куваев, В.Н. Хаустов // *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. - 2021. - № 8 (202). - С. 70-75. - DOI: 10.53083/1996-4277-2021-202-08-70-75.
17. Анализ состояния здоровья, молочной продуктивности и воспроизводства коров при использовании в рационах кормовой добавки на основе хвои / Т.В. Новикова [и др.] // *Молочнохозяйственный вестник*. - 2019. - № 1 (33). - С. 27-39. - DOI: 10.24411/2225-4269-2019-00003.
18. Повышение биоресурсного потенциала животных на техногенно загрязнённых территориях Южного Урала / А.М. Гертман [и др.] // *Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана*. - 2014. - Т. 202, № 4. - С. 85-88.
19. Phytogetic feed additives as natural antibiotic alternatives in animal health and production: A review of the literature of the last decade / J. Wang [et al.] // *Animal Nutrition*. - 2024. - Vol. 17. - pp. 244-264. - DOI: 10.1016/j.aninu.2024.01.012.
20. Ярован, Н.И. Влияние свежей хвои в чистом виде и в сочетании с липоевой кислотой на показатели оксидантно-антиоксидантной системы у коров / Н.И. Ярован, А.В. Северинова // *Молочное и мясное скотоводство*. - 2018. - № 2. - С. 25-28.
21. Effects of adsorbent and phyto-biotic on density of rumen infusoria and cow milk production / Kulakova T.S. [et al.] // *Russian Agricultural Sciences*. - 2019. - № 45 (2): 194-196. - DOI: 10.3103/S1068367419020137.
22. Сравнительная эффективность синтетического и природного антиоксидантов в коррекции неонатального окислительного стресса у телят / А.П. Лашин [и др.] // *Дальневосточный аграрный вестник*. - 2021. - № 1 (57). - С. 28-35.
23. Боголюбова, Н.В. Антиоксидантный статус и качество мяса у сельскохозяйственной птицы и животных при стрессе и его коррекция с помощью адаптогенов различной природы / Н.В. Боголюбова, Р.В. Некрасов, А.А. Зеленченкова // *Сельскохозяйственная биология*. - 2022. - Т. 57. - № 4. - С. 628-663.
24. Phytogetic feed additives as natural antibiotic alternatives in animal health and production: A review of the literature of the last decade / J. Wang [et al.] // *Animal Nutrition*. - 2024. - Vol. 17. - pp. 244-264. - DOI: 10.1016/j.aninu.2024.01.012.
25. Султанаева, Л.З. Эффективность использования фитобиотических добавок в рационе крупного и мелкого рогатого скота (обзор) / Л.З. Султанаева, Ю.А. Балджи // *Животноводство и кормопроизводство*. - 2021. - Т. 104, № 2. - С. 96-110. - DOI: 10.33284/2658-3135-104-2-96.
26. Остапчук, П.С. Роль антиоксидантов и использование их в животноводстве и птицеводстве (обзор) / П.С. Остапчук, Д.В. Зубоченко, Т.А. Кувейда // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. - 2019. - Т. 20. - № 2. - С. 103-117. - DOI: 10.30766/2072-9081.2019.20.2.103-117.

References

1. Volgin VI, Romanenko LV, Prokhorenko PN, Fedorova ZL, Korochkina EA. Full feeding of dairy cattle is the basis for realizing the genetic potential of productivity. Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding. Moscow: RAS; 2018. 260 p. (In Russ.)
2. Bogdanovich DM, Timoshenko VN, Muzyka AA, Moskalev AA, Tsai VP. Scientific foundations of growing young cattle for replacement: monograph. Zhodino: Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Animal Husbandry; 2022. 303 p. (In Russ.)
3. Zhdanova IN, Morozkov NA. The use of leuzei safflorovidnoy in the cultivation of heifers of the black-speckled breed. *Agricultural Science Euro-North-East*. 2022;23:868-876. DOI: 10.30766/2072-9081.2022.23.6.868-876. (In Russ.)
4. Grigorieva AI, Babukhadia KR, Sharvadze RL. Efficiency of coniferous-mineral and zeolite additives in feeding first-calf heifers in Yakutia. *Kormlenie sel'skhozajstvennykh zhivotnykh i kormoproizvodstvo*. 2023;12:23-31. DOI: 10.33920/sel-05-2312-03. (In Russ.)
5. Ivanova OV, Lyubimova YuG, Tereshchenko VA, Ivanov EA. Study of the elemental composition of aqueous extracts of Siberian coniferous plants. *Khimija Rastitel'nogo Syr'ja*. 2021;3:181-190. doi: 10.14258/jcprm.2021038714. (In Russ.)
6. Fomichev YuP Increasing the viability of calves during the growing period by adding a bioelement complex, antioxidant and prebiotic to the diet. *Journal of Dairy and Beef Cattle Breeding*. 2022;1:46-50. DOI: 10.33943/MMS.2022.86.94.009. (In Russ.)
7. Papunidi KKh, Semenov EI, Kadikov IR, Biktashev RU, Gataullin DH. The use of sorbents for the prevention of metabolic disorders and toxicosis in animals. Kazan: Federal Center for Toxicological, Radiation and Biological Safety; 2018. 224 p. (In Russ.)
10. Filippova OB, Sukharev MI. The Importance of Clinical Blood Analysis for Assessing the Physiological Status of Calves When Feeding Phytomineral Supplements. *Science and Education*. 2021;4(2): 210. (In Russ.)
11. Medvedeva MA. Clinical veterinary laboratory diagnostics. Moscow: Aquarium Print; 2013. 415 p. (In Russ.)
12. Degtyareva SA, Ofitserov VI. A set of reagents for determining the general antioxidant status. *Novosti Vektor-Best*. 2022;3:2-7. (In Russ.)
13. Leukhina VA, Skornyakova OO, Korotkiy VP. Changes in morpho-biochemical parameters of calves' blood after the use of coniferous-phytogetic feed additives for eimeriosis intestinal invasion (Conference proceedings) Actual problems of treatment and prevention of diseases of young animals: collection of scientific work. Intl. scientific-practical conf., (Vitebsk, November 02-04, 2023). Vitebsk: EI "Vitebsk Order of the Badge of Honor" State Academy of Veterinary Medicine", 2023:215-220. (In Russ.)
14. Korotkiy VP, Ryzhov VA, Bogdanovich DM et al. Efficiency of using feed phytoadditives in feeding calves. *Zootekhnicheskaya nauka Belarusi*. 2022;57(1): 227-234. DOI: 10.47612/0134-9732-2022-57-1-227-234. (In Russ.)
15. Korotkiy VP, Desyatov OA, Semenova YuV et al. Use of feed additives based on pine needles and diatomite in calf diets. *Zootekhnika*. 2024;2:10-15. DOI: 10.25708/ZT.2024.68.91.004. (In Russ.)
16. Naumov EM, Kuvaev IV, Khaustov VN. Some features of the impact on the growth and development of calves in the lactation period of the feed additive TTK(g). *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2021;8(202):70-75. DOI: 10.53083/1996-4277-2021-202-08-70-75. (In Russ.)
17. Novikova TV, Britvina IV, Ryzhakina EA, Korotkiy VP. Analysis of the health status, milk productivity and reproduction of cows using a feed additive based on pine needles in their diets. *Dairy Farming Bulletin*. 2019;1(33):27-39. DOI: 10.24411/2225-4269-2019-00003. (In Russ.)
18. Gertman AM, Samsonova TS, Karimova GA, Kireeva NV. Increasing the bioresource potential of animals in technogenically polluted areas of the Southern Urals. *Uchenye zapiski Kazanskoj gosudarstvennoj akademii veterinarnoj mediciny im. N.E. Bauman*. 2014;220(4):85-88. (In Russ.)
20. Yarovan NI, Severinova AV. The effect of fresh pine needles in pure form and in combination with lipoic acid on the oxidant-antioxidant system in cows. *Journal of Dairy and Beef Cattle Breeding*. 2018; 2:25-28. (In Russ.)
22. Lashin AP, Simonova NV, Sayapina IYu, Siraziev RZ. Comparative effectiveness of synthetic and natural antioxidants in the correction of neonatal oxidative stress in calves. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik*. 2021; (57):28-35. (In Russ.)
23. Bogolyubova NV, Nekrasov RV, Zelenchenkova AA. Antioxidant status and meat quality in poultry and animals under stress and its correction using adaptogens of various nature. *Agricultural biology*. 2022;57(4):628-663. (In Russ.)
25. Sultanaeva LZ, Baldzhi YuA. Efficiency of using phyto-biotic additives in the diet of cattle and small ruminants (review). *Animal Husbandry and Fodder production*. 2021;104(2):96-110. DOI: 10.33284/2658-3135-104-2-96. (In Russ.)
26. Ostapchuk PS, Zubochenko DV, Kuevda TA. The role of antioxidants and their use in animal husbandry and poultry farming (review). *Agrarian Science of the Euro-North-East*. 2019;20(2):103-117. DOI: 10.30766/2072-9081.2019.20.2.103-117. (In Russ.)

Публикуется на принципах открытого доступа
Published under an open access license
Creative Commons Attribution 4.0 International License.

DOI CrossRef:10.30917/ATT-VK-1814-9588-2025-1-15
УДК 57:612.6:636.8:576

Физиологические особенности спермы *Felis catus* Российской селекции в разные сезоны года



Ткачев А.В.

^{1,2} **Ткачев А.В.**, доктор сельскохозяйственных наук, проректор по науке и инновациям, sasha_sashaola@mail.ru

² **Петряева А.В.**, преподаватель кафедры общеобразовательных дисциплин, petryaeva-av@rudn.ru

^{1,3} **Ткачева О.Л.**, кандидат сельскохозяйственных наук, преподаватель, tkacheva.olga2017@gmail.com

¹Международная ветеринарная академия, Дзержинский

²Российский университет дружбы народов, Москва

³Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева, Москва

Ключевые слова: сперма, сезон года, *Felis catus*, физиология, селекция, породы.

Резюме. В статье впервые представлены результаты исследований физиологических особенностей нативной и деконсервированной спермы *Felis catus* различных пород Российской селекции в разные сезоны года. Исследования проводили в 2020–2024 годах в частных ветеринарных клиниках Московской области. В работе анализировали 116 эякулятов полученных от половозрелых котов в возрасте от 2 до 10 лет, которые принадлежали к различным породам Российской селекции. Наибольшая физиологическая подвижность нативной спермы была установлена нами в феврале (более 65 %), а в декабре и январе она колебалась в среднем от 60 до 62 %, что наиболее благоприятно для криоконсервирования такого семени. В марте подвижность свежеполученной спермы была на уровне 59 %, а в апреле еще ниже на 6 %. Физиологическое количество патологи-

Для цитирования / For citation

Ткачев А.В. Физиологические особенности спермы *Felis catus* Российской селекции в разные сезоны года / А.В. Ткачев, А.В. Петряева, О.Л. Ткачева // Ветеринария и кормление. – 2025. – №1. – С.74–77.

Tkachev A.V. Physiological features of *Felis catus* sperm of Russian breeding in different seasons of the year / A.V. Tkachev, A.V. Petryaeva, O.L. Tkacheva // Veterinaria i kormlenie. – 2025. – #1. – P.74–77.

Physiological features of *Felis catus* sperm of Russian breeding in different seasons of the year

^{1,2}A.V. Tkachev, ²A.V. Petryaeva, ^{1,3}O.L. Tkacheva

¹International Veterinary Academy, Dzerzhinsky, Russia

²Peoples Friendship University of Russia, Moscow, Russia

³Russian State Agricultural University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

Key words: sperm, season of the year, *Felis catus*, physiology, selection, breeds.

Abstract. The article presents for the first time the results of studies of the physiological characteristics of native and deconserved *Felis catus* sperm of various breeds of Russian breeding in different seasons of the year. The research was conducted in 2020-2024 in private veterinary clinics of the Moscow region. The study analyzed 116 ejaculates obtained from sexually mature cats aged 2 to 10 years, which belonged to various breeds of Russian breeding. The highest physiological mobility of native sperm was established by us in February (more than 65%), and in December and January it ranged on average from 60 to 62%, which is most favorable for cryopreservation of such a seed. In March, the mobility of freshly obtained sperm was at the level of 59%, and in April it was even lower by 6%. The physiological number of pathological forms of sperm in *Felis catus* of Russian breeding as a percentage was highest in December (33.2 ± 1.2) and July (33.4 ± 1.32). In April, the percentage of pathological sperm forms in Russian-bred cats was at the level of $30.42 \pm 0.48\%$, which is 0.97% more than in March, 1.18% more ($P < 0.05$) in June, 1.82% more ($P < 0.01$) than in January and 1.75% more ($P < 0.01$) in February. The lowest sperm motility was about 50% in June and July, which is 15% lower ($P < 0.001$) than in February. The lowest sperm motility after defrosting was observed in April by less than 18%, in June and July it ranged from 28 to 31%. In March and December, sperm motility after defrosting was about 32%, and in January and February it was more than 35 and 37%, respectively. The lowest cryoresistance of sperm with a duration of less than 2 hours was observed in April; the average level of physiological sperm survival from 2 to 3 hours was established in December, March and July; the best physiological viability of sperm after thawing for more than 3 hours was observed in January, February and June.

ческих форм спермиев у *Felis catus* Российской селекции в процентах наиболее высоким было в декабре ($33,2 \pm 1,2$) и июле ($33,4 \pm 1,32$). В апреле процент патологических форм спермиев у котов Российской селекции был на уровне $30,42 \pm 0,48\%$, что на 0,97% больше марта, на 1,18 % больше ($P < 0,05$) июня, на 1,82 % больше ($P < 0,01$) чем в январе и на 1,75% больше ($P < 0,01$) февраля. Наиболее низкая подвижность спермиев была в июне и июле около 50 %, что на 15 % ниже ($P < 0,001$) февраля месяца. Наименьшая подвижность спермиев после размораживания наблюдалась нами в апреле менее 18 %, в июне и июле она колебалась от 28 до 31 %. В марте и декабре подвижность спермиев после размораживания была около 32 %, а в январе и феврале более 35 и 37% соответственно. Наиболее низкая криорези-

стентность спермиев с переживаемостью менее 2 часов наблюдалась в апреле; средний уровень физиологической переживаемости спермы от 2 до 3 часов был установлен в декабре, марте и июле; лучшая физиологическая жизнеспособность спермиев после оттаивания более 3 часов наблюдалась в январе, феврале и июне.

Введение

Физиологические особенности репродуктивной функции животных в зависимости от сезона года изучаются достаточно широко практически на всех видах от рогатого скота и лошадей до собак и кошек [1-4]. Подобные исследования будут иметь некоторую актуальность, когда речь идет о акклиматизации и адаптации вновь ввезенных в какую-то местность пород животных; или же если на определенной местности происходит изменение температурно-климатических кривых климата; а также в случаях, если подобные исследования не проводились на практике. В России изучение репродуктивной функции котов отечественной селекции проводится недостаточно из-за необоснованно отрицательной реакции так называемых "зоозащитников" и владельцев животных.

Главным подходом оценки функционального состояния репродуктивной системы является получение спермы и ее последующая оценка общепринятыми не инвазивными методиками. Этот подход наиболее приемлем для племенных самцов, которых нежелательно выводить из племенного использования. Однако существует и другой, общепризнанный подход, который можно применять в случае с не племенными самцами. Этот подход заключается в анализе функционального состояния семенников по комплексу гистологических критериев срезов после того, как будет произведена кастрация. Например, группа исследователей во главе с Stornelli M.A. изучала влияющие фотопериода (по сути сезона года) на гистосрезках семенников котиков после кастрации с интервалами каждые две недели. Авторы наблюдали сезонные изменения в морфологии гистологической структуры семенников котиков, которые могут быть связаны с сезонной выработкой сперматозоидов как-то увеличение количества и размеров клеток Сертоли и Лейдига в более продолжительные дни (весенние и летние) в сравнении с более короткими зимними днями. Что безусловно можно трактовать как улучшение репродуктивной функции при более длительном фотопериоде летне-весенних месяцев [10].

Следующей неожиданной проблемой недостаточного изучения физиологических особенностей репродуктивной функции котиков (с точки зрения биологии и физиологии) является применение племенным и выставочным животным гормональных препаратов перед выставками и конкурсами для улучшения их внешнего вида и снижения агрессивности; что достаточно широко применяется некоторыми заводчиками за рубежом [11]. В результате изучение репродуктивной функции у таких самцов в зависимости от сезона года, месяца года, фотопериода является необъективным из-за факта применения гормональных препаратов.

Ряд авторов изучают репродуктивную функцию котиков путем получения спермы перед кастрацией либо изучение эпидидимального семени после оперативного удаления семенников. Такие подходы достаточно широко применяются по всему миру и позволяют получать весьма объективные результаты с научной точки зрения. Данные о физиологическом состоянии спермы котиков могут существенно различаться в зависимости от породы, возраста, темперамента и других факторов, поэтому исследования в этом направлении будут иметь научное и практическое значение [5-8]. В доступной литературе нам не удалось найти подробных

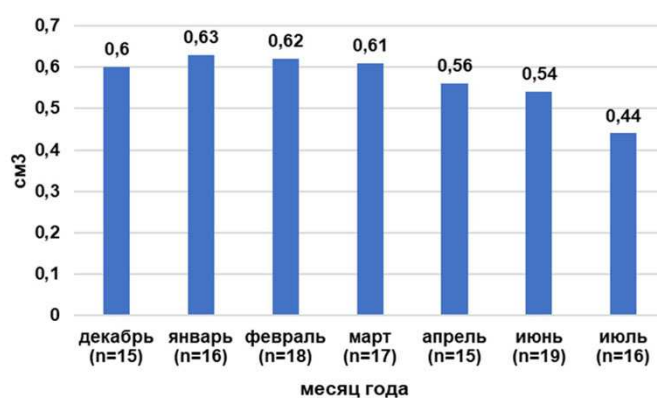


Рисунок 1. Динамика объема эякулята *Felis catus* Российской селекции в разные месяцы года.

Figure 1. Dynamics of the volume of *Felis catus* ejaculate of Russian breeding in different months of the year.

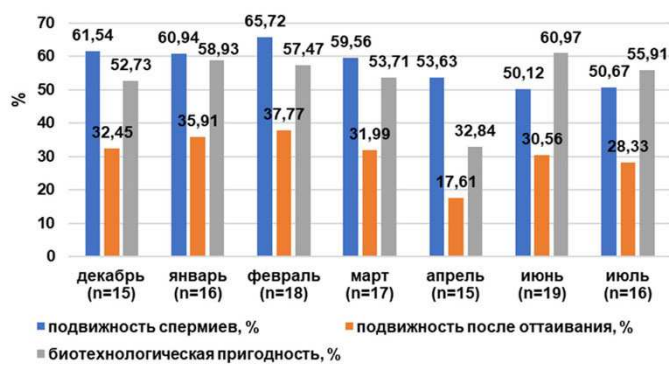


Рисунок 2. Динамика подвижности спермиев домашнего кота Российской селекции в разные месяцы года.

Figure 2. Dynamics of sperm motility of a domestic cat of Russian breeding in different months of the year.

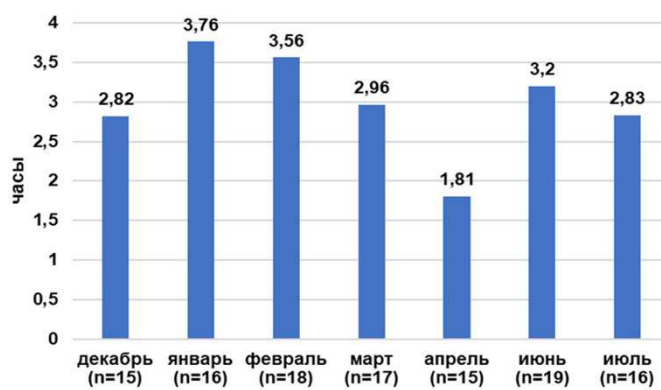


Рисунок 3. Динамика переживаемости спермиев домашнего кота Российской селекции в разные месяцы года после оттаивания при 37°C.

Figure 3. Dynamics of the survival rate of domestic cat sperms of Russian breeding in different months of the year after thawing at 37°C.

данных о физиологических характеристиках нативной и деконсервированной спермы домашних котов российской селекции, на фоне присутствия подобных данных по диким и зоопарковым видам кошачьих. Возможно, это связано с тем, что на государственном уровне создаются программы по сохранению именно популяций диких видов кошачьих, а не домашних пород.

В настоящей работе впервые показаны физиологические особенности спермы *Felis catus* различных пород Российской селекции в разные сезоны (месяцы) года.

Цель исследований – установить физиологические особенности спермы *Felis catus* различных пород Российской селекции в разные сезоны (месяцы) года.

Материал и методы

Исследования проводили в 2020–2024 годах в частных ветеринарных клиниках Московской области. В работе анализировали 116 эякулятов полученных от половозрелых котов в возрасте от 2 до 10 лет, которые принадлежали к различным породам Российской селекции. Образцы спермы собирались несколькими общепринятыми способами с декабря по июль месяц: перед кастрацией, после кастрации, на искусственную вагину и с применением других техник [9].

В свежеполученном и размороженном семени котов общепринятыми методиками [9] определяли: объем эякулята домашнего кота в см³ в стеклянной мерной пробирке; подвижность сперматозоидов в процентах (10 % соответствует 1 баллу половых клеток с прямолинейно-поступательным движением), патологические формы половых клеток домашнего кота в процентах, визуально с применением световой микроскопии с зумом объектива 10–20×; концентрацию половых клеток определяли в см³ каждой пробы спермы с применением либо камеры Горяева либо автоматических анализаторов; переживаемость половых клеток эякулята котов определяли в часах после размещения оттаянных проб семени в суховоздушный термостат 38°C. Статистические данные полученных результатов разделяли по месяцам года и осуществляли общепринятый анализ с помощью программы SPSS for Windows.

Результаты исследования

В результате проведенных исследований установлены физиологические особенности основных физиологических характеристик эякулятов *Felis catus* различных пород Российской селекции в разные месяцы года. В первую очередь были изучены особенности объема эякулята спермы котов в разные месяцы года (рис. 1). Показано, что наибольший объем эякулята у домашнего кота наблюдался в январе, что на 0,3 мл больше от декабря, на 0,1 и 0,2 мл больше от февраля и марта соответственно. В апреле объем эякулята снижался на 0,05 мл в сравнении с мартом месяцем, что можно объяснить интенсификацией репродуктивной системы в разгар случного сезона и как следствием некоторого истощения функциональных резервов организма самца. В июне месяце объем эякулята продолжал снижаться и был ниже, чем апреле на 0,02 мл, ниже марта месяца на 0,07 мл. Наименьший объем эякулята у домашних пород котов наблюдался нами в июле, что было ниже начала случного периода в марте на 0,17 мл ($P < 0,01$). Наиболее низкий объем эякулята в июле месяце можно объяснить не только истощением репродуктивной функции, но и жаркими погодными условиями, во время которых животные хуже питаются и больше пьют жидкости нежели потребляют корм.

Выявленные особенности динамики объема эякулята домашнего кота с точки зрения биотехнологии репродукции наиболее благоприятными месяцами для создания кри-

обанка спермопродукции следует считать зимний сезон года, когда наблюдается естественный период полового покоя у данного вида животных.

Следующим шагом изучения физиологических особенностей спермы домашних котов в зависимости от сезона года было установление подвижности нативного и деконсервированного семени (рис. 2).

Наибольшая физиологическая подвижность нативной спермы была установлена нами в феврале (более 65 %), а в декабре и январе она колебалась в среднем от 60 до 62 %, что наиболее благоприятно для криоконсервирования такого семени. В марте подвижность свежеполученной спермы была на уровне 59 %, а в апреле еще ниже на 6 %. Наиболее низкая подвижность спермиев была в июне и июле около 50 %, что на 15 % ниже ($P < 0,001$) февраля месяца. Выявленные физиологические особенности подвижности нативной спермы домашних котов возможно будут снижать эффективность криосохранения семени в летние месяцы года, так как изначальная подвижность семени ниже, чем в зимний период года. Полученные данные в целом согласуются с результатами других исследований [10–11].

Однако физиологическая динамика подвижности спермиев после размораживания не повторяла динамику свежеполученной спермы котов Российской селекции. Наименьшая подвижность спермиев после размораживания наблюдалась нами в апреле менее 18 %, в июне и июле она колебалась от 28 до 31 %. В марте и декабре подвижность спермиев после размораживания была около 32 %, а в январе и феврале более 35 и 37 % соответственно. Что согласуется с данными зарубежных авторов по зимним месяцам года [11].

Динамика физиологической способности спермиев котов Российской селекции выдерживать биотехнологический процесс криоконсервирования и сохранять свою подвижность также показала неожиданные результаты (рис. 2). Наибольшая биотехнологическая пригодность спермы наблюдалась нами в июне (практически 61 %), на фоне низкого объема и подвижности спермиев. В июле биотехнологическая пригодность спермы была более 55 %, что было больше чем в марте на 2,2 % ($P < 0,05$) и декабре на 3,18 % ($P < 0,05$). Биотехнологическая пригодность спермы котов российской селекции в январе и феврале была больше 57%. Наиболее низкая биотехнологическая пригодность спермы котов российской селекции наблюдалась нами в апреле – менее 33 %.

Количество патологических форм спермиев у *Felis catus* Российской селекции в процентах наиболее высоким было в декабре ($33,2 \pm 1,2$) и июле ($33,4 \pm 1,32$). В апреле процент патологических форм спермиев у котов Российской селекции был на уровне $30,42 \pm 0,48\%$, что на 0,97% больше марта, на 1,18 % больше ($P < 0,05$) июня, на 1,82 % больше ($P < 0,01$) чем в январе и на 1,75% больше ($P < 0,01$) февраля.

Более объективно охарактеризовать физиологическую способность спермиев выдерживать криоконсервирование все же следует оценивать по абсолютным значениям подвижности и переживаемости. На рисунке 3 представлена динамика переживаемости спермиев домашнего кота Российской селекции в разные месяцы года после оттаивания при 37°C.

Анализ физиологических особенностей переживаемости спермы домашнего кота Российской селекции после размораживания позволяет заключить, что наиболее низкая криорезистентность спермиев с переживаемостью менее 2 часов наблюдалась в апреле; средний уровень физиологической переживаемости спермы от 2 до 3 часов был

установлен в декабре, марте и июле; лучшая физиологическая жизнеспособность спермиев после оттаивания более 3 часов наблюдалась в январе, феврале и июне.

Полученные нами результаты лишь частично согласуются с аналогичными исследованиями зарубежных исследователей по тенденциям подвижности спермиев и объема эякулята домашних котов в разные месяцы года [10-11], остальные данные по физиологическим особенностям концентрации спермиев и ее криорезистентности в разные сезоны года описаны нами впервые применительно к *Felis catus* именно Российской селекции.

Корреляционно-дисперсионный анализ показал, что степень влияния месяца года на физиологические показатели нативных спермиев колебался от 2 до 5,5 % ($P < 0,05$); на характеристики деконсервированных спермиев – от 19 до 21,5 % ($P < 0,05$).

Заключение.

Таким образом, установлены физиологические особенности нативной и деконсервированной спермы *Felis catus* различных пород Российской селекции в разные месяцы года. Наибольшая физиологическая подвижность нативной спермы была установлена нами в феврале (более 65 %), а в декабре и январе она колебалась в среднем от 60 до 62 %, что наиболее благоприятно для криоконсервирования такого семени. В марте подвижность свежеполученной спермы была на уровне 59 %, а в апреле еще ниже на 6 %. Физиологическое количество патологических форм спермиев у *Felis catus* Российской селекции в процентах наиболее высоким было в декабре ($33,2 \pm 1,2$) и июле ($33,4 \pm 1,32$). В апреле процент патологических форм спермиев у котов Российской селекции был на уровне $30,42 \pm 0,48\%$, что на 0,97% больше марта, на 1,18 % больше ($P < 0,05$) июня, на 1,82 % больше ($P < 0,01$) чем в январе и на 1,75% больше ($P < 0,01$) февраля. Наиболее низкая подвижность спермиев была в июне и июле около 50 %, что на 15 % ниже ($P < 0,001$) февраля месяца. Наименьшая подвижность спермиев после размораживания наблюдалась нами в апреле менее 18 %, в июне и июле она колебалась от 28 до 31 %. В марте и декабре подвижность спермиев после размораживания была около 32 %, а в январе и феврале более 35 и 37 % соответственно. Наиболее низкая криорезистентность спермиев с переживаемостью менее 2 часов наблюдалась в апреле; средний уровень физиологической переживаемости спермы от 2 до 3 часов был установлен в декабре, марте и июле; лучшая физиологическая жизнеспособность спермиев после оттаивания более 3 часов наблюдалась в январе, феврале и июне.

Литература

1. Айбазов М. М. Сезонные изменения размеров семенников, уровня тестостерона и качества спермопродукции у баранов мясных пород / М. М. Айбазов, М. И. Селионова // Зоотехния. - 2022. - № 10. - С. 35-40. - DOI 10.25708/ZT.2022.74.60.009. - EDN JJWKPZ.
2. Боранбаев А. В. Взятие, оценка и криоконсервация эпидидимального семени маралов в зависимости от сезона года / А. В. Боранбаев, Н. М. Костомахин // Главный зоотехник. - 2019. - № 11. - С. 3-9. - EDN XWRXJZ.
3. Ивакина С. Р. Физиологические особенности нативной спермы котов различных пород / С. Р. Ивакина, А. В. Ткачев // Международный вестник ветеринарии. - 2021. - № 1. - С. 328-332.
4. Ткачев, А. В. Криорезистентность спермы жеребцов в разные месяцы года / А. В. Ткачев, Ю. И. Коровин, О. Л. Ткачева // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. - 2022. - № 2. - С. 79-87. - DOI 10.26897/0021-342X-2022-2-79-87. - EDN EKMHDH.
5. Петряева А. В. Влияние типа высшей нервной деятельности на физиологические особенности спермы котов российской селекции / А. В. Петряева, А. В. Ткачев, О. Л. Ткачева // Вестник Российского

университета дружбы народов. Серия: Агронимия и животноводство. - 2023. - Т. 18, № 2. - С. 222-229. - DOI 10.22363/2312-797X-2023-18-2-222-229. - EDN PVGITG.

6. Петряева А. В. Особенности сапрофитной бактериальной контаминации спермы *Felis catus* / А. В. Петряева, В. И. Семенова, В. И. Кузнецов [и др.] // Вестник АПК Ставрополья. - 2023. - № 1(49). - С. 13-18. - DOI 10.31279/222-9345-2023-12-49-13-18. - EDN EZIUFA.
7. Петряева А. В. Физиологические особенности криорезистентности спермы *Felis catus* российской селекции / А. В. Петряева, А. В. Ткачев, О. Л. Ткачева // Ветеринария и кормление. - 2023. - № 3. - С. 66-69. - DOI 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2023-3-17. - EDN EPDBMC.
8. Петряева А. В. Физиологические особенности нативной и деконсервированной спермы котов с разным антигенным профилем эритроцитов / А. В. Петряева, Ю. А. Ватников, А. В. Ткачев, О. Л. Ткачева // Ученые записки учреждения образования Витебская ордена Знак почета государственная академия ветеринарной медицины. - 2023. - Т. 59, № 2. - С. 50-54. - DOI 10.52368/2078-0109-2023-59-2-50-54. - EDN BLKZOF.
9. Получение и криоконсервирование спермы котов: методические рекомендации / А. В. Петряева, Е. В. Куликов, А. В. Ткачев, О. Л. Ткачева. - Омск: Общество с ограниченной ответственностью "Издательский центр КАН", 2023. - 16 с. - ISBN 978-5-907526-51-8.
10. Stornelli M.A. Seasonal Changes in Testicular Cell Morphology in Domestic Male Cats (*Felis catus*) Chatdarong / M.A. Stornelli, J.C. Reyna, M.C. Stornelli et al. // *Reprod Dom Anim.* - 2009. - V. 44. - I. 2. - P. 287-290. DOI: 10.1111/j.1439-0531.2009.01448.x.
11. Ferr?Dolcet L. Reversible control of reproduction in tom cats: medical options for manipulating libido and fertility / L. Ferr?Dolcet, S. Romagnoli // *Journal of Feline Medicine and Surgery.* - 2023. - V. 25. - I. 5. - P. 1-8. DOI: 10.1177/1098612X231171406.

References

1. Aybazov M. M. Seasonal changes in the size of testes, testosterone levels and quality of sperm production in sheep of meat breeds / M. M. Aybazov, M. I. Selionova // *Zootechnia.* - 2022. - No. 10. - pp. 35-40. - DOI 10.25708/ZT.2022.74.60.009. - EDN JJWKPZ.
2. Boranbaev A.V. Taking, evaluation and cryopreservation of epididymal maral seed depending on the season of the year / A.V. Boranbaev, N. M. Kostomakhin // *Chief zootechnik.* - 2019. - No. 11. - pp. 3-9. - EDN XWRXJZ.
3. Ivakina S.R. Physiological features of native sperm of cats of various breeds / S.R. Ivakina, A.V. Tkachev // *International Bulletin of veterinary Medicine.* - 2021. - No. 1. - pp. 328-332.
4. Tkachev, A.V. Cryoresistance of sperm of stallions in different months of the year / A.V. Tkachev, Yu. I. Korovin, O. L. Tkacheva // *Proceedings of the Timiryazev Agricultural Academy.* - 2022. - No. 2. - pp. 79-87. - DOI 10.26897/0021-342X-2022-2-79-87. - EDN EKMHDH.
5. Petryaeva A.V. The influence of the type of higher nervous activity on the physiological characteristics of sperm of cats of Russian breeding / A.V. Petryaeva, A.V. Tkachev, O. L. Tkacheva // *Bulletin of the Peoples' Friendship University of Russia. Series: Agronomy and animal husbandry.* - 2023. - Vol. 18, No. 2. - pp. 222-229. - DOI 10.22363/2312-797X-2023-18-2-222-229. - EDN PVGITG.
6. Petryaeva A.V. Features of saprophytic bacterial contamination of *Felis catus* sperm / A.V. Petryaeva, V. I. Semenova, V. I. Kuznetsov [et al.] // *Bulletin of agroindustrial complex of Stavropol Territory.* - 2023. - № 1(49). - Pp. 13-18. - DOI 10.31279/222-9345-2023-12-49-13-18. - EDN EZIUFA.
7. Petryaeva A.V. Physiological features of cryoresistance of *Felis catus* sperm of Russian breeding / A.V. Petryaeva, A.V. Tkachev, O. L. Tkacheva // *Veterinary medicine and feeding.* - 2023. - No. 3. - pp. 66-69. - DOI 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2023-3-17. - EDN EPDBMC.
8. Petryaeva A.V. Physiological features of native and deconserved sperm of cats with different antigenic profile of erythrocytes / A.V. Petryaeva, Yu. A. Vatinikov, A.V. Tkachev, O. L. Tkacheva // *Scientific notes of the educational institution Vitebsk Order of the Badge of Honor State Academy of Veterinary Medicine.* - 2023. - Vol. 59, No. 2. - pp. 50-54. - DOI 10.52368/2078-0109-2023-59-2-50-54. - EDN BLKZOF.
9. Obtaining and cryopreservation of sperm from cats: methodological recommendations / A.V. Petryaeva, E. V. Kulikov, A.V. Tkachev, O. L. Tkacheva. Omsk: Limited Liability Company "KAN Publishing Center", 2023. - 16 p. - ISBN 978-5-907526-51-8.
10. Stornelli M.A. Seasonal Changes in Testicular Cell Morphology in Domestic Male Cats (*Felis catus*) Chatdarong / M.A. Stornelli, J.C. Reyna, M.C. Stornelli et al. // *Reprod Dom Anim.* - 2009. - V. 44. - I. 2. - P. 287-290. DOI: 10.1111/j.1439-0531.2009.01448.x.
11. Ferr?Dolcet L. Reversible control of reproduction in tom cats: medical options for manipulating libido and fertility / L. Ferr?Dolcet, S. Romagnoli // *Journal of Feline Medicine and Surgery.* - 2023. - V. 25. - I. 5. - P. 1-8. DOI: 10.1177/1098612X231171406.

Публикуется на принципах открытого доступа
Published under an open access license
Creative Commons Attribution 4.0 International License.
DOI CrossRef:10.30917/ATT-VK-1814-9588-2025-1-16
УДК 619:616.98:578.831.2:636.3:616-036.22

Чума МРС, распространение на Ближнем Востоке и экономическое значение



Язид Хатиб

Язид Хатиб, ветеринарный врач, аспирант,
yazedkhatib@hotmail.com

Руденко П. А., доктор ветеринарных наук, профессор
департамента ветеринарной медицины,
rudenko-pa@rudn.ru
Российский университет дружбы народов им. Патриса
Лумумбы, г. Москва,

Ключевые слова: чума, овцы, козы, вирус Морбилли, Ближний Восток, глобальное искоренение.

Резюме. Чума мелких жвачных эндемична во многих частях мира, включая и Ближний Восток. В ближневосточных странах данное заболевание наносит значительный экономический ущерб, поскольку разведение мелких жвачных животных в данном регионе является источником дохода для небогатых слоёв населения. Целью работы стало проведение обзора англоязычной литературы по распространению чумы МРС в странах Ближнего Востока и оказываемому данным заболеванием экономическому эффекту. В статье приведены общие данные по заболеванию, в том числе особенности молекулярно-генетического различия вируса ЧМЖ. Дано краткое описание программы по глобальному искоренению ЧМЖ к 2030 году. Определено значение распространения ЧМЖ в странах Ближнего Востока с социально-экономического аспекта. Рассмотрена ситуация с ЧМЖ по каждой из стран, участвующих в дорожной карте PPR GEP ближневосточного региона, включая также Египет и Турцию. Приведены результаты самооценки стран Ближнего Востока с позиции выполнения ими программы PPR GEP. По окончании проведённого исследования авторы пришли к заключению, что среди основных проблем, мешающих выполнению международной программы по глобальному искоренению чумы мелких жвачных к 2030 году следует выделить недостаточное финансирование, недостатки в организации наблюдения,

Для цитирования / For citation

Чума МРС, распространение на Ближнем Востоке и экономическое значение/Язид Хатиб, П. А. Руденко // Ветеринария и кормление. – 2025. – №1. – С.78–83.

Peste des petits ruminants, the spread in the Middle East and its economic significance/ Yazid Khatib, Pavel A. Rudenko // Veterinaria i kormlenie. – 2025. – #1. – P.78–83.

Peste des petits ruminants, the spread in the Middle East and its economic significance

Yazid Khatib, Rudenko P.A.,
Peoples' Friendship University of Russia, Moscow,

Key words: peste des petits ruminants, sheep, goats, Morbilli virus, Middle East, global eradication.

Abstract. Peste des petits ruminants is endemic in many parts of the world, including the Middle East. In the Middle Eastern countries, this disease causes significant economic losses, since small ruminant breeding in this region is a source of income for poor people. The aim of the work was to review the English-language literature on the spread of peste des petits ruminants in the Middle East and the economic impact of this disease. The article provides general data on the disease, including the features of the molecular genetic differences of the PPRV virus. A brief description of the program for the global eradication of PPR by 2030 is given. The significance of the spread of PPR in the Middle East countries from the socio-economic aspect is determined. The PPR situation is considered for each of the countries participating in the PPR GEP roadmap for the Middle East region, including Egypt and Turkey. The results of self-assessment of the Middle East countries from the standpoint of their implementation of the PPR GEP program are presented. At the end of the study, the authors concluded that the main problems hindering the implementation of the international program for the global eradication of peste des petits ruminants by 2030 include insufficient funding, deficiencies in surveillance, underreporting of actual disease incidence, difficulties in identifying and monitoring petits ruminants, insufficient vaccination coverage, and gaps in awareness and compliance among farmers.

занижение фактических данных по заболеваемости, трудности с идентификацией МРС и контролем за их перемещением, недостаточный охват вакцинацией, а также пробелы в осведомлённости и соблюдения требований среди фермеров.

Введение

Чума мелких жвачных (ЧМЖ) – острая, высококонтагиозная, смертельная болезнь овец и коз, вызываемая вирусом Морбилли. Заболевание эндемично во многих частях мира, включая Африку, Азию и Ближний Восток. ЧМЖ стала причиной экономического ущерба в развивающихся странах, где разведение овец и коз является источником дохода [1]. Вследствие высокого уровня смертности и заболеваемости ЧМЖ является причиной серьёзных экономических потерь, поскольку мелкие жвачные животные играют важную роль в цепочке производства продуктов питания в развивающихся странах, а также способствуют сокращению бедности и являются одной из составляющих продовольственной безопасности в эндемичных странах, таких как страны африканского, азиатского континента, а также ближневосточные страны [1].

Цель работы – провести обзор англоязычной литературы по распространению чумы МРС в странах Ближнего Востока и оказываемому данным заболеванием экономическому эффекту.

Материалы и методы

В процессе данного исследования проводился анализ англоязычных источников научной литературы по вопросу распространения чумы МРС на Ближнем Востоке и экономического значения данной инфекции для ближневосточных стран. Для сбора теоретического материала были использованы электронные библиотеки следующих ресурсов: ResearchGate, PubMed, Web of Science, elibrary.ru, Google Scholar, mdpi.com и др.

Результаты исследования

Вирус ЧМЖ принадлежит к самому крупному представителю рода *Morbilli* семейства *Paramyxoviridae* (подсемейство *Paramyxovirinae*) порядка *Mononegavirales*. Другие вирусы морбилли включают вирус чумы крупного рогатого скота (КРС), вирус кори, вирус чумы собак, вирус чумы свиней, вирус морбилли китообразных, вирус морбилли морских млекопитающих и вирус морбилли кошек. Помимо МРС, вирусом ЧМЖ поражаются также дикие животные, такие как газели (*Douces gazalla dorcas*), овцы-ларистаны (*Ovis orientalis laristanica*), гемсбоки (*Oryx gasella*), горные козлы (*Capra ibex nubiana*) и олени [1, 2, 3, 5, 7]. У верблюдов также могут развиваться клинические признаки, тогда как другие домашние жвачные животные, например, крупный рогатый скот и буйволы, могут быть субклинически инфицированы. Однако роль диких и атипичных хозяев в эпидемиологии ЧМЖ плохо изучена [4, 8].

Клиническими признаками ЧМЖ в основном являются лихорадка (более 40°C), слизисто-гнойные выделения из носа и глаз, кашель, одышка, эрозии слизистой оболочки полости рта, бронхопневмония и диарея [1, 8].

Впервые ЧМЖ была зарегистрирована в 1942 году в Кот-д'Ивуаре (Западная Африка), после чего заболевание стало появляться и в других частях мира: странах Африки к югу от Сахары, на Ближнем Востоке, на Индийском субконтиненте. В настоящее время ЧМЖ не только обнаруживается, но и стало эндемичным во многих странах мира, включая Азию [1, 4]. На основе молекулярного генотипирования вирус ЧМЖ был разделён на четыре линии. Линия I обычно встречается в Западной Африке и недавно была зарегистрирована в Центральной Африке, изоляты линии II обнаружены в Западной Африке, линия III – в Восточной Африке, а также в некоторых частях Ближнего Востока, а линия IV обнаружена на Аравийском полуострове, на Ближнем Востоке и в Южной Азии [1, 2, 4, 5, 8].

Из-за серьёзных социально-экономических последствий для эндемичных стран Африки, Ближнего Востока и Азии, а также угрозы для биоразнообразия Всемирная организация по охране здоровья животных (World Organisation for Animal Health, WOAH) и Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединённых Наций (Food and Agricultural Organization of the United Nations, FAO) в 2015 году опубликовали стратегию, направленную на глобальное искоренение ЧМЖ к 2030 году (Peste des petits ruminants Global Eradication Program, PPR GEP) [1, 4, 8]. В дорожную карту PPR GEP ближневосточного региона входят 14 стран: Бахрейн, Иран, Ирак, Иордания, Кувейт, Ливан, Оман, Палестина, Катар, Сирия, Саудовская Аравия, Объединённые Арабские Эмираты (ОАЭ), Йемен и Израиль. Несмотря на то, что Египет участвует в дорожной карте североафриканского региона, в настоящем анализе рассмотрим и это государство. Также рассмотрим распространение ЧМЖ в Турции.

На Ближнем Востоке выращивается 9,3% и 3,9% мировых поголовий овец и коз соответственно. В совокупности овцы и козы составляют более 90% от общего поголовья домашнего скота (исключая домашнюю птицу) и представляют собой основной источник дохода и основу продовольственной безопасности для мелких землевладельцев с низкими доходами. Поскольку МРС представляют собой столь важный актив для существования значительной части населения, ЧМЖ представляет собой серьёзную экономическую и социальную угрозу для стран Ближнего Востока [4, 8].

С момента появления первых сообщений о ЧМЖ на Ближнем Востоке в конце 1970-х годов это заболевание наблюдалось во всех странах, включённых в настоящий обзор. На данный момент ЧМЖ официально зарегистрирована в Египте, Иране, Ираке, Израиле, Кувейте, Омане, Палестине, Саудовской Аравии, ОАЭ и Йемене. Из остальных стран Бахрейн в последний раз сообщил о ЧМЖ в 2012 году,

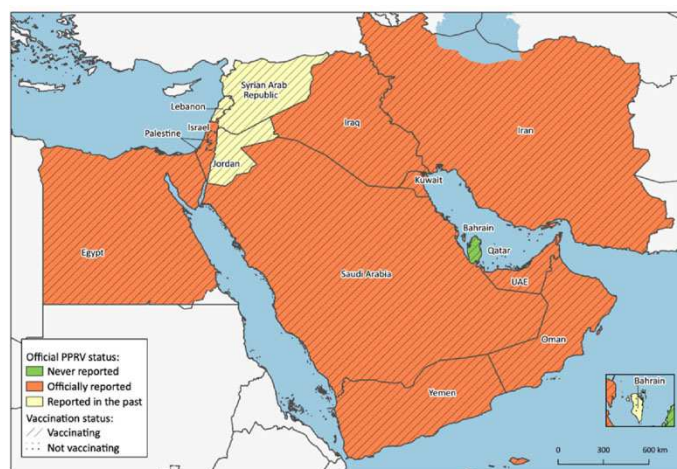


Рис. 1. Карта Ближнего Востока с указанием официального статуса по ЧМЖ по странам (по данным ВОАН) и текущего статуса вакцинации против ЧМЖ [4]

Fig. 1. Map of the Middle East with an indication of the official status of PPRV by country (according to WOAH) and the current status of vaccination against PPRV [4]

Иордания – в 2000 году (но ЧМЖ там весьма вероятно присутствует), Ливан – в 2005 году. Сирия не заявляла ни одного случая заболевания в течение десятилетий, хотя антиген и положительная реакция на антитела была обнаружена в северо-западной части страны. В Катаре ЧМЖ никогда не регистрировалась, но тем не менее, многочисленные исследования подтверждают фактическое присутствие заболевания в Катаре за последнее десятилетие [4].

Основываясь на этих данных, а также на имеющихся очевидных недостатках в организации эпизоотологического надзора, представление о наличии ЧМЖ в странах Ближнего Востока нельзя признать полным. ЧМЖ, вероятно, присутствует в большем количестве стран, чем те, в которых о ней в настоящее время официально сообщается. Другой фактором, указывающим на то, что ЧМЖ всё ещё воспринимается всеми ближневосточными странами как реальная угроза, является то, что вакцинация проводится в 15 странах региона (включая Египет и Турцию), хотя и с использованием разных стратегий. Единственным исключением является Бахрейн, где импорт и продажа вакцин против ЧМЖ сейчас запрещены законом (рис. 1) [4].

Находясь на стыке Африки и Азии, Ближний Восток находится в самом центре географического ареала ЧМЖ и граничит с эндемичными странами на западных (Ливия, Судан), северных (Турция) и восточных границах (Афганистан, Пакистан). Подтверждая свою центральную роль в распространении вируса ЧМЖ между двумя континентами, этот регион исторически характеризуется циркуляцией как линии III, которая за пределами Ближнего Востока была обнаружена только в Восточной Африке, так и линии IV, которая, несмотря на её предполагаемое африканское происхождение, исторически преобладала в Азии [4].

Первые обнаружения штаммов линии III в регионе произошли в Омане в 1978 г. и в ОАЭ в 1986 г. На основании проведённого недавно филодинамического анализа эти две страны вместе с Эфиопией сейчас рассматриваются в качестве возможного места происхождения этой линии. Хотя, согласно более ранним исследованиям, Бенин считался страной происхождения линии III. Позже линия III была зарегистрирована в Катаре (2010) и в Йемене (2001, 2013) [4].

Линия IV была обнаружена в большем количестве стран. С момента её первого обнаружения в Израиле в 1993 г. присутствие данной линии было подтверждено в Египте (2012), Иране, Ираке, Иордании, Кувейте, Палестине, Саудовской Аравии и ОАЭ [4]. По Бахреину и Ливану данные

отсутствуют. Относительно Ливана можно предположить наличие в прошлом циркуляции линии IV на основании обнаружения израильских штаммов вблизи границы между этими двумя странами. Предполагается даже, что первое вторжение ЧМЖ в Израиль произошло через Ливан [4].

Области обнаружения двух линий, как правило, не пересекаются, за исключением Катара, где в 2010 году было обнаружено, что обе линии циркулируют одновременно, и ОАЭ, где линия III была зарегистрирована в 1986 году, а линия IV – с 2009 года. Эта информация, согласно данным англоязычной литературы, подтверждает существование отдельных сетей распространения и поддержания ЧМЖ на Ближнем Востоке, хотя для обоснования этой гипотезы требуются дополнительные молекулярно-эпидемиологические данные. Более того, как пишут исследователи, возможно, что линия IV также присутствует в Омане и Йемене, хотя ещё не идентифицирована (рис. 2) [4].

Глобальная программа ликвидации ЧМЖ к 2030 году основана на постепенном снижении заболеваемости и распространения ЧМЖ посредством целевой вакцинации. В основе PPR GEP лежит четырёхэтапный подход. На этапе 1 странам рекомендуется сосредоточиться на оценке местной эпидемиологической ситуации. Этап 2 посвящён борьбе с инфекцией ЧМЖ, в основном посредством кампаний вакцинации на основе эпиднадзора. На этапе 3 ликвидацию следует проводить путём усиления эпиднадзора и профилактических мер. На этапе 4 необходимо приостановить вакцинацию и собрать доказательства, подтверждающие прекращение циркуляции вируса ЧМЖ [4].

При рассмотрении мероприятий по надзору и контролю, проводимых против ЧМЖ, региональная ситуация выглядит довольно однородной, о чём свидетельствуют позиции отдельных стран в рамках поэтапной реализации PPR GEP: 14 из 15 стран, согласно собственным оценкам, находятся на двух первых этапах. В частности, Израиль, Иордания, Кувейт, Ливан, Палестина и Йемен находятся на этапе 1, тогда как Египет, Иран, Ирак, Оман, Катар, Саудовская Аравия и Сирия находятся на этапе 2. Две оставшиеся страны, Бахрейн и ОАЭ, находятся на этапе 3 (рис. 3).

В Бахрейне ЧМЖ в последний раз была зарегистрирована в 2012 году: в период с января по июнь было зарегистрировано 219 случаев и 25 смертей у овец, импортированных из Африки. В стране действует система отчётности о заболеваниях, однако её необходимо перевести в цифровую форму. Вакцинация против ЧМЖ в настоящее время запрещена законом, чтобы добиться официального признания страны свободной от ЧМЖ. Однако Бахрейн по-прежнему импортирует домашний скот из стран, где используются вакцины и где ЧМЖ является эндемичным заболеванием, включая другие страны Ближнего Востока, такие как Оман, Ливан и Иордания. В результате по состоянию на 2021 год МРС по-прежнему оставался серологически положительными. Согласно последней оценке, проведённой в 2022 году, Бахрейн находится на 3 этапе поэтапного подхода к PPR GEP и в настоящее время подготавливает план действий на случай непредвиденных обстоятельств, а также досье для подачи заявления в ВОАН о признании официального статуса страны, свободной от ЧМЖ [4].

В Египте первые случаи ЧМЖ были зарегистрированы в 1987 году у коз и в 1989 году у ягнят. С 1989 по 2012 г. ЧМЖ официально ни разу не регистрировалась в стране, хотя о её продолжающемся распространении свидетельствовали результаты ряда серологических исследований. В 2012 году вспышки ЧМЖ были зарегистрированы в отарах овец в провинциях Исмаилия и Каир, что привело к разработке и применению национальной стратегии по борьбе с этим заболеванием. Впоследствии о ЧМЖ сообщалось ежегодно, а многочисленные исследования выявили значительные показатели серологической распространённости среди непривив-

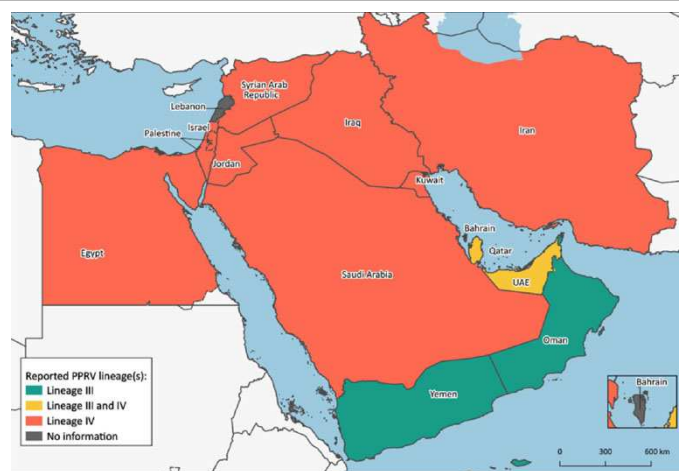


Рис. 2. Карта ближневосточного региона, показывающая все линии вируса ЧМЖ, когда-либо обнаруженные в каждой из рассматриваемых стран [4]

Fig. 2. A map of the Middle East region showing all the lines of the PPRV ever detected in each of the countries under consideration [4]

того МРС в разных провинциях.

Все штаммы из Египта относятся к линии IV. Высокая гомология с суданскими вирусами, а также серологические данные об инфицировании ЧМЖ МРС и КРС, импортированного или контрабандно ввезённого в Египет из Судана, подтверждает ключевую роль Египта в распространении ЧМЖ из Африки на Ближний Восток [4].

С 2017 года проводится массовая вакцинация с целью иммунизации всего поголовья МРС в течение 3 лет, а затем только новорожденных козлят и ягнят в течение ещё 2 лет. Однако охват вакцинацией, достигнутый в 2017–2020 годах, составлял от 30 до 35%. Помимо этого также проводится кольцевая вакцинация в радиусе 2 км от предполагаемых вспышек.

Борьба с ЧМЖ в Египте затруднена из-за неполной идентификации и регистрации МРС, а также из-за сложности регулирования перемещения кочевых стад. Участие фермеров и частных ветеринаров в надзоре и контроле за ЧМЖ ограничено. Согласно самооценке, Египет находится на втором этапе поэтапного подхода к PPR GEP [4].

В Иране вирус ЧМЖ является эндемичным, вспышки многочисленны и происходят регулярно, а информация о генетической природе вирусов ограничена. Первое сообщение о ЧМЖ в данной стране датируется 1995 годом. В 2004 году болезнь распространилась по всей стране [2]. Иран располагает 50% поголовья овец на Ближнем Востоке и считается четвёртой страной по поголовью овец в мире. Большинство этих мелких жвачных животных содержатся либо кочевниками, либо сельскими жителями, которые постоянно торгуют ими, в основном на традиционных и религиозных мероприятиях. Указанные факторы определяют уязвимость Ирана для повторяющихся вспышек ЧМЖ. За последние 16 лет треть всех сообщений о вспышках ЧМЖ, поступивших в ВОАН, была из Ирана [8].

Подозрения на вспышки ЧМЖ среди диких коз (*Capra aegagrus*) и овец (*Ovis orientalis*), вымерших в ряде стран Западной Азии и считающихся в Иране уязвимыми видами, возникали с 2000 года, но на тот момент вирус ещё не был выделен или охарактеризован. В 2001 году в национальном парке Кавир погибло не менее 1500 диких коз и джейранов (*Gazella subgutturosa*) с клиническими признаками, сходными с симптомами, вызванными инфекцией ЧМЖ. В 2011 году ЧМЖ была предполагаемой причиной гибели 550–700 диких баранов в Сарыгольском национальном парке. В 2014–2016 годах более 1000 диких коз и овец в 4 северных и

центральных провинциях Ирана погибли от инфекции, вызванной вирусом ЧМЖ. Частичное секвенирование нуклеопротеинов вируса показало тесную связь со штаммами линии IV из Китая [5, 8]. Увеличение охвата массовой вакцинацией против ЧМЖ в Иране в 2016 году снизило число вспышек ЧМЖ по сравнению к предыдущим годам [2]. Контроль за перемещениями мелких жвачных в кочевых стадах осложнён, в связи с чем МРС играет важную роль в передаче ЧМЖ по всему Ирану. Кроме того, Иран граничит с Афганистаном и Пакистаном на востоке, Ираком на западе и Арменией, Азербайджаном и Турцией на севере, и незаконный ввоз мелких жвачных животных из этих стран увеличивает количество инфицированных овец и коз в Иране.

Первые свидетельства присутствия ЧМЖ в Ираке были получены в результате серологического исследования, проведённого в 1997 году. Первая официально зарегистрированная вспышка произошла в 1998 году. В последние годы среди фермеров проводятся ежегодные кампании обязательной бесплатной вакцинации МРС старше трёх месяцев. В период с 2011 по 2018 год показатели охвата вакцинацией достигали 91%. Несмотря на эти усилия, вспышки ЧМЖ продолжали наблюдаться без каких-либо существенных улучшений. Кроме того, ЧМЖ стала причиной более чем 750 смертей среди диких коз (*Capra aegragus*), природоохранный статус которых в настоящее время считается находящимся под угрозой исчезновения. Кроме того, сообщалось также о лабораторно подтверждённом случае ЧМЖ у оленя в 2021 году и серопозитивности у КРС (22,3%) и буйволов (22%). С данного аспекта при оценке эпизоотологического состояния по ЧМЖ важно рассматривать атипичных хозяев. С 2017 года и по настоящее время Ирак находится на 2 этапе поэтапного подхода к PPR GEP [4].

Первая задокументированная вспышка ЧМЖ в Израиле произошла в 1993 году и является первым обнаружением вируса ЧМЖ линии IV в регионе. С тех пор сообщения о ЧМЖ поступали периодически. Так, с 2005 по 2021 годы было зафиксировано более 50 вспышек. Предположительно штаммы Израиля были получены из Ливана. В декабре 2016 г. ЧМЖ была зарегистрирована у нубийского козла (*Capra nubiana*). Хотя поражённое стадо содержалось в неволе, данное открытие подчёркивает потенциальную угрозу, которую представляет болезнь для местных диких видов МРС. Программа обязательной вакцинации проводилась ежегодно для всего МРС старше 3 месяцев вплоть до 2016 года, когда она была прекращена и стала необязательной. Израиль не участвует в региональных совещаниях по PPR и, судя по всему, никогда не проводит самооценку. Тем не менее известно, что страна находится на 1 этапе поэтапного подхода, как об этом сообщил сам Израиль в 2021 году [4].

Первые данные о ЧМЖ в Иордании получены в результате серологического исследования, проведённого в 1990 году. В 1993 году штамм, принадлежащий к линии IV, был признан ответственным за одну вспышку. Более десяти лет спустя серологическое исследование, проведённое в период с 2006 по 2007 год в пяти провинциях северных регионов, выявило уровни серологической распространённости ЧМЖ 60% и 74% в стадах овец и коз соответственно. Однако с 2000 года официальных данных о вспышках ЧМЖ нет, хотя заболевание всё ещё встречается в стране. Причинами отсутствия отчётности могут быть низкая осведомлённость и несоблюдение требований среди фермеров, а также низкая правовая база.

Надзор осуществлялся на основе бумажной системы отчётности до 2022 года, когда в четырех провинциях была введена электронная комплексная система наблюдения за заболеваниями. Система идентификации животных с использованием пластиковых ушных бирок используется с 2018 года, но передвижение скота не отслеживается и в случае вспышек ЧМЖ не применяются никакие ограничения. Отсутствие эпидемиологической оценки ЧМЖ в стране являет-

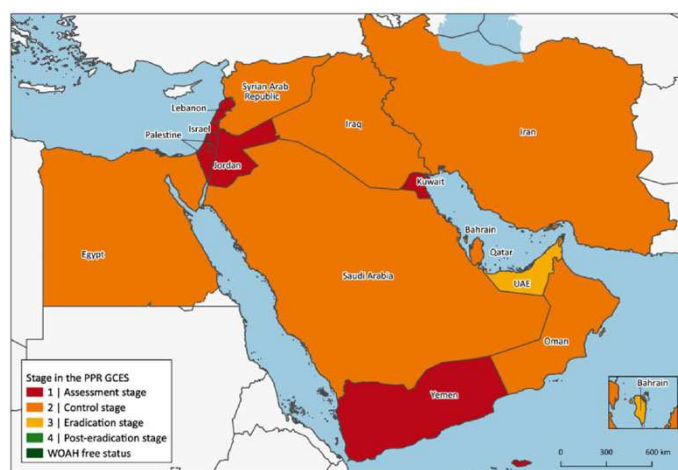


Рис. 3. Карта региона с указанием этапов для каждой страны в рамках PPR GEP по последним данным самооценки (2017 г. для Ирака; 2021 г. для Египта, Ирана, Израиля, Кувейта, Ливана, Сирии; 2022 г. для Бахрейна, Иордании, Омана, Палестины, Катара, Саудовской Аравии, ОАЭ, Йемена) [4]

Fig. 3. A map of the region indicating the stages for each country within the framework of the PPR GEP according to the latest self-assessment data (2017 for Iraq; 2021 for Egypt, Iran, Israel, Kuwait, Lebanon, Syria; 2022 for Bahrain, Jordan, Oman, Palestine, Qatar, Saudi Arabia, UAE, Yemen) [4]

ся серьёзным пробелом. При надзоре за ЧМЖ также не следует упускать из виду популяцию верблюдов в стране. Наблюдение за дикими животными не ведётся, хотя, как сообщается, шансы на контакт дикого и домашнего МРС ограничены, поскольку дикие животные присутствуют только на охраняемых территориях. Вакцинацию проводят ежегодно вакциной местного производства. Уровень охвата вакцинацией, достигнутый за период с 2016 по 2020 годы, составляет от 22% (2018) до 40% (2016). В стране также имеются планы проведения массовой вакцинации против ЧМЖ, вероятно, скоординированной с вакцинацией против ящура.

Иордания находится на 1 этапе поэтапного подхода [4].

Первая вспышка ЧМЖ в Кувейте произошла в 1989 году. С 1991 по 2007 год болезнь не регистрировалась, а затем регистрировалась каждый год, достигнув пика примерно в 2013–2015 годах. Все вспышки были зарегистрированы среди домашнего МРС, за исключением вспышки в 2007 году, когда было выявлено 20 случаев заболевания и 13 смертей среди дикого МРС (вид неидентифицирован). Единственная молекулярная характеристика, проведённая на сегодняшний день, была проведена для штамма 1999 года, который, как было показано, принадлежал к линии IV. Стратегия надзора нуждается в совершенствовании – её информационная система должна быть оцифрована, чтобы обеспечить более быстрое реагирование на подозрительные случаи. Вакцинация проводилась в 2019 году (охват 22,8%) и в 2020 году (охват 67,0%). При вспышках также проводится вакцинация наряду с ограничениями на передвижение. В настоящее время Кувейт находится на 1 этапе поэтапного подхода [4].

ЧМЖ была зарегистрирована в Ливане в 1978 году и на протяжении 1990-х годов. Различные данные серологических обследований подтверждают широкую циркуляцию ЧМЖ в стране, хотя с 2005 года об этом заболевании официально не сообщалось. С 2010 по 2016 год проводилась общенациональная кампания массовой вакцинации. В 2017 году уровень серопозитивности в стадах овец и коз составлял 40–92% и 70–95% соответственно. В настоящее время эпизоотологическая ситуация по ЧМЖ остаётся неясной, и согласно самооценке, проведённой в 2021 году, Ливан находится на 1 этапе поэтапного подхода [4].

Первое сообщение о присутствии ЧМЖ в Омане датиру-

ется 1978 годом. В 1983 г. штаммы линии III были обнаружены как у коз, так и у диких животных. В период с 2005 по 2020 год было зарегистрировано более 5600 вспышек. Охват вакцинацией с 2011 по 2020 годы составлял от 11,6% до 53,9% соответственно, что всё ещё недостаточно для искоренения болезни. Ввоз МРС разрешается только из стран, свободных от ЧМЖ, а также в случаях если животные содержатся не менее 21 дня до их ввоза на предприятии, не имеющем истории ЧМЖ и расположенном в неинфицированной зоне, или же если животные провели предыдущий 21 день на карантинной станции и были вакцинированы до этого времени. Однако, несмотря на указанные меры, число вспышек ЧМЖ остается высоким, хотя в последние годы оно, по видимому, имеет тенденцию к снижению. Согласно последней самооценке 2022 года, Оман находится на 2 этапе поэтапного подхода [4].

ЧМЖ является эндемичным заболеванием в Палестине. В период с 2005 по 2017 год было зарегистрировано более 850 вспышек, однако фактическое число, вероятно, намного выше. В частности, мало что известно о распространении ЧМЖ на Западном Берегу и в секторе Газа. Неконтролируемые перемещения и контрабанда МРС затрудняют контроль. Карантин поражённых стад чаще всего трудно обеспечить. В случае вспышек ЧМЖ компенсация не предоставляется. Социально-политическая ситуация в стране препятствует широкому охвату программой вакцинации. Известно, что в период с 2005 по 2014 год годовой охват ни разу не превышал 22%. Вакцины вводились по требованию владельцев или в ответ на вспышки. В 2021 и 2022 годах палестинские ветеринарные службы смогли организовать общенациональную кампанию бесплатной вакцинации, обеспечив охват иммунизацией 80% на уровне страны. В настоящее время Палестина находится на 1 этапе поэтапного подхода [4].

В Катаре о ЧМЖ официально никогда не сообщалось, однако некоторые исследования предполагают наличие ЧМЖ в стране. В одном из исследований сообщалось об идентификации у коз вирусов III и IV линий в 2010 году. В другом исследовании, проведённом в период с 2009 по 2016 год, 51% протестированных животных были признаны положительными на ЧМЖ. Среди положительных животных были овцы, козы и дикие жвачные, включая сернобыков (*Oryx leucorox*), аддаксов (*Addax nasomaculatus*), оленей, газелей, спрингбоков (*Antidorcas marsupialis*), водяных козлов (*Kobus ellipsiprymnus*) и чёрных козлов (*Antelope cervicapra*). Национальная эпизоотологическая ситуация представляется далёкой от понимания, в связи с чем в Катаре планируются более строгие меры наблюдения. Ежегодная вакцинация всех овец и коз старше трёх месяцев является обязательной, хотя фактический охват поголовья вакцинацией в 2017–2020 годах составлял около 16% для овец и 5,7% для коз. К сожалению, владельцы скота часто отказываются вакцинировать своих животных, не соблюдают ограничения на передвижение и не сообщают о подозрительных случаях заболевания. Согласно последней самооценке, проведённой в 2022 году, Катар в настоящее время находится на 2 этапе поэтапного подхода [4].

В Саудовской Аравии вирус ЧМЖ впервые был выделен в 1988 году, однако его присутствие подозревалось с конца 1970-х годов на основании клинических и серологических данных сначала у овец, а затем у оленей и газелей. С 1990-х годов ЧМЖ в стране стала эндемичской, о чём свидетельствуют несколько исследований, проводившихся на протяжении многих лет, в которых сообщалось о вспышках ЧМЖ как у домашнего МРС, так и у диких животных, содержащихся в условиях полусвободного выгула. Все штаммы вируса из Саудовской Аравии относятся к линии IV.

Меры реагирования на вспышки ЧМЖ включают кольцевую вакцинацию, ограничения на перемещение животных и активный надзор. Среди основных ограничений на 2021 год указывался тот факт, что около 40% стад овец и коз были

кочевыми и располагались в отдалённых районах, что затрудняло мероприятия по вакцинации. Также отмечалась недостаточная осведомлённость частных животноводов о важности вакцинации, отчётности о заболеваниях и идентификации животных. Пограничный контроль в Саудовской Аравии затруднён, поскольку страна ежегодно ввозит миллионы голов МРС, особенно из Восточной Африки и во время сезона паломничества хаджа. Саудовская Аравия играет важную роль в мировой торговле овцами и козами и в 2020 году была крупнейшим импортёром с долей 26,7% мирового импорта МРС. С 2022 года Саудовская Аравия находится на 2 этапе поэтапного подхода PPR GES [4].

В Сирии ЧМЖ подлежит обязательной регистрации, но в настоящее время о ней не сообщается и подтверждённых случаев не было уже в течение десятилетий. Несмотря на это, в 2016 году в контролируемых оппозицией частях северо-западной Сирии среди коз были выявлены вспышки ЧМЖ. В 2019 году в тех же районах было обнаружено 35% случаев серопозитивности по ЧМЖ при отсутствии предварительной вакцинации. В 2020 году была проведена кампания массовой вакцинации с охватом 85%. В 2021 году была проведена вакцинация только новорожденных овец и коз [4]. Сирия в настоящее время находится на 2 этапе поэтапного подхода [4].

С момента своего первого обнаружения в 1986 году ЧМЖ стала эндемической в ОАЭ. Заболевание регистрировалось до 2010 года, а затем с 2016 года не только у МРС, но и у диких видов (различных видов джейранов, антилоп, нубийского козла, дикой берберийской овцы и т. д.). Штамм ЧМЖ, обнаруженный в 1986 году, принадлежал к линии III, но позднее были обнаружены только штаммы линии IV. В 2019 году была внедрена национальная система уведомления о биобезопасности. Активный надзор в настоящее время не проводится, но планируется на будущих этапах процесса ликвидации, когда вакцинация будет прекращена. Ежегодные кампании вакцинации проводятся среди овец, коз и содержащихся в неволе антилоп. Сначала вакцинируют всех животных старше 3 месяцев, затем их ревакцинируют каждые три года. Охват вакцинацией в 2018 году составил 36,2%, в 2019 – 52,5%, в 2020 – 46,2% и в 2021 – 59,4%, не считая мероприятий по вакцинации в частном секторе. Заявленная цель программы вакцинации – обеспечить иммунизацию 80% поголовья МРС в течение трёх лет подряд [4].

ОАЭ применяют строгие процедуры пограничной безопасности, включая карантин и тестирование всех овец и коз, импортированных из стран, официально не признанных свободными от ЧМЖ. Ограничения на перемещение животных также вводятся в ответ на вспышки ЧМЖ. Эти меры стали возможными благодаря Национальной системе идентификации и регистрации животных, которая действует с 2010 года. Тем не менее, на 2020 год примерно 15% популяции МРС всё ещё не были идентифицированы. В настоящее время ОАЭ находятся на 3 этапе поэтапного подхода [4].

Первая подтверждённая вспышка ЧМЖ в Йемене произошла в 1989 году, хотя подозрение на случай ЧМЖ было уже в 1983 году. С 2000 года после более крупной вспышки среди импортированных сомалийских овец ЧМЖ считается эндемиком страны. С 2005 по 2015 год было зарегистрировано более 650 вспышек ЧМЖ, но после этой даты эпизоотологический статус стал неясным из-за краха системы надзора вследствие проблем с финансированием, нехватки диагностического оборудования и квалифицированного персонала. В 2022 году было заявлено, что ЧМЖ по-прежнему является основной причиной смертности среди МРС в стране. Вакцинация проводится с ограниченным охватом (с 2014 по 2021 год наблюдался охват с минимумом 0,1% и максимумом 24,3%). Нынешняя деятельность по ЧМЖ полностью зависит от внешнего финансирования (ФАО, Международного комитета Красного Креста). Йемен всё ещё находится на 1 этапе поэтапного подхода к PPR GES [4].

Турция расположена в восточном Средиземноморье и является мостом между континентами Европы и Азии, причём Европа свободна от ЧМЖ. Турция входит в число стран с самым высоким уровнем разведения МРС в мире: в 2016 году по оценкам, поголовье овец составляло 31,5 миллиона голов, а поголовье коз – 10,4 миллиона голов. В Турции инфекция ЧМЖ впервые была официально зарегистрирована в южной и восточной Анатолии в 1999 году. За период с 1999 по 2018 годы сообщалось примерно о 1000 (997) вспышках ЧМЖ в Турции, которые достигли апогея в 2007 и 2011 годах [3].

Согласно результатам проведённых исследований (Sait A, Dagalp SB, 2019), ЧМЖ является энзоотичным заболеванием в Турции. Основной причиной энзоотичности является перемещение животных с тремя различными гаплогруппами вируса. Филогенетический анализ показал, что вирус ЧМЖ в Турции тесно связан с линией IV, берущей начало из Ближнего Востока и Азии [7].

ЧМЖ продолжает оставаться основным экономическим бременем для устойчивого животноводства в Турции [7].

В целом, многие авторы отмечают, что в странах Ближнего Востока присутствуют заметные пробелы в надзоре за ЧМЖ, которые препятствуют полному пониманию эпизоотологической ситуации по данному заболеванию. Помимо этого, проводимая вакцинация и другие меры контроля, предпринимаемые многими ближневосточными странами, также являются недостаточными для эффективного снижения заболеваемости ЧМЖ. С целью преодоления этих препятствий, по мнению исследователей, следующие этапы PPR GEP должны быть сосредоточены на сотрудничестве и координации усилий с ближневосточными странами по контролю данного заболевания, что необходимо для ликвидации ЧМЖ на региональном уровне [4].

Обсуждение и заключение

ЧМЖ вызывает значительную обеспокоенность, поскольку данное заболевание подрывает экономическое и социальное благополучие многих стран. Распространение ЧМЖ в эндемичных странах должно сдерживаться с помощью эффективной программы контроля через вакцинацию восприимчивого поголовья. Быстрая и точная диагностика также имеет важное значение для борьбы с данным заболеванием. Страны Ближнего Востока являются эндемичными по ЧМЖ, и ситуацию усугубляет наличие следующих слабых мест, затрудняющих своевременное выполнение намеченной международной программы по глобальному искоренению данного заболевания к 2030 году.

1. Диагностический потенциал при ЧМЖ в ближневосточном регионе сдерживается недостаточным финансированием диагностических услуг и недостаточной квалификацией ветеринарных специалистов. Серьёзные недостатки наблюдаются и в сфере организации системы наблюдения. Так, при имеющихся случаях выявления ЧМЖ в некоторых странах Ближнего Востока отсутствуют официальные сообщения о данной болезни. В некоторых странах также имеет место занижение фактических данных.

2. Учитывая, что вспышки ЧМЖ во многих рассматриваемых странах были зарегистрированы и у диких животных, встаёт вопрос недостаточной изученности роли диких и атипичных хозяев в поддержании заболевания.

3. Трудности с идентификацией овец и коз, а также контролем за их перемещением в странах Ближнего Востока во многом связаны с широким распространением кочевых систем содержания данных животных.

4. Несмотря на то, что все страны Ближнего Востока, за исключением Бахрейна, проводят вакцинацию, охват вакцинацией недостаточен для достижения полной ликвидации болезни (рекомендуемый охват должен быть не менее 80%).

5. Проблемой также является недостаток осведомленно-

сти и соблюдения требований среди фермеров, что отражается на неадекватности отчётности о заболеваниях, пробелах в вакцинации и недостаточном реагировании при возникновении вспышки ЧМЖ.

Реализация поэтапной программы по глобальному искоренению ЧМЖ к 2030 году (PPR GEP) представляется достаточно сложной задачей в свете низкого прогресса участвующих в программе стран Ближнего Востока. Так, из рассмотренных 15 стран ближневосточного региона (исключая Турцию, не входящую в PPR GEP) 13 стран находятся либо на этапе 1, либо на этапе 2, и только 2 страны – на этапе 3.

Среди основных направлений наиболее приоритетных действий, которые необходимо предпринять ближневосточным странам, должны стать более высокий уровень организации системы надзора, идентификации животных и отслеживания их перемещений как внутри страны, так и с пересечением границ. Необходимым для понимания эпизоотологической ситуации по ЧМЖ является также решение вопроса о роли диких животных и атипичных хозяев в распространении данного заболевания.

Статус Ближнего Востока как крупного импортера и экспортера МРС на мировом уровне подчёркивает необходимость проведения национальных стратегий по ликвидации ЧМЖ для предупреждения дальнейшего распространения данного заболевания. Немаловажным фактором является также и тот, что взятие под контроль ЧМЖ на Ближнем Востоке благоприятно скажется на социально-экономических показателях и продовольственной безопасности стран Ближнего Востока.

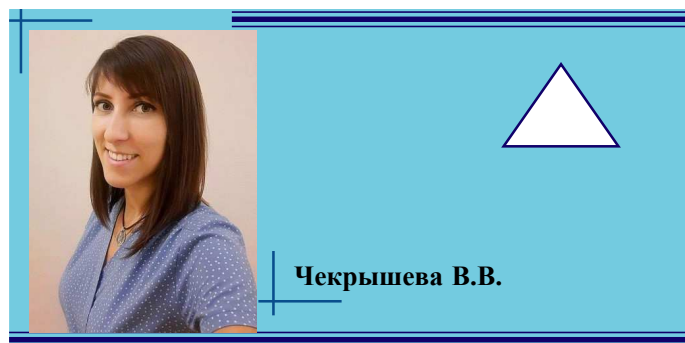
Литература/References

1. Adwitiya DM et al. Peste des petits ruminants: A comprehensive overview The Pharma Innovation Journal. 2022; 11(9):776-782.
2. Alidadi N, Aghaeen L, Ziafati Kafi Z et al. Detection and phylogenetic study of peste des petits ruminants in Iran, 2019: Updated data. Archives of Razi Institute 2021;76(1):161. DOI:10.22092/ari.2019.126677.1351
3. Altan E, Parida S, Mahapatra M et al. Molecular characterization of Peste des petits ruminants viruses in the Marmara Region of Turkey. Transboundary Emerging Diseases 2019;66:865-872. <https://doi.org/10.1111/tbed.13095>
4. Benfield CTO, Legnardi M, Mayen F et al. Peste Des Petits Ruminants in the Middle East: Epidemiological Situation and Status of Control and Eradication Activities after the First Phase of the PPR Global Eradication Program (2017-2021). Animals 2023; 13, 1196. <https://doi.org/10.3390/ani13071196>
5. Marashi M, Masoudi S, Moghadam MK et al. Peste des petits ruminants virus in vulnerable wild small ruminants, Iran, 2014-2016. Emerging infectious diseases 2017;23(4):704-706. DOI: <http://dx.doi.org/10.3201/eid2304.161218>
6. Niedbalski W, Fitzner A, Bulenger K, Kesya A Peste des petits ruminants - crucial challenges for the successful disease eradication. Medycyna Weterynaryjna 2022;78(4):159-164. DOI: [dx.doi.org/10.21521/mw.6635](https://doi.org/10.21521/mw.6635)
7. Sait A, Dagalp SB Molecular analysis of Peste des Petits Ruminants Virus from outbreak in Turkey during 2010-2012. Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society 2019;70(3):1617-1624. doi:10.12681/jhvms.21784
8. Shahriari R, Khodakaram-Tafti A, Mohammadi A Molecular characterization of Peste des Petits ruminants virus isolated from four outbreaks occurred in southern Iran. BMC Veterinary Research 2019;15,177. <https://doi.org/10.1186/s12917-019-1920-y>
9. Adwitiya DM et al. Peste des petits ruminants: A comprehensive overview The Pharma Innovation Journal. 2022; 11(9):776-782.
10. Alidadi N, Aghaeen L, Ziafati Kafi Z et al. Detection and phylogenetic study of peste des petits ruminants in Iran, 2019: Updated data. Archives of Razi Institute 2021;76(1):161. DOI:10.22092/ari.2019.126677.1351
11. Altan E, Parida S, Mahapatra M et al. Molecular characterization of Peste des petits ruminants viruses in the Marmara Region of Turkey. Transboundary Emerging Diseases 2019;66:865-872. <https://doi.org/10.1111/tbed.13095>
12. Benfield CTO, Legnardi M, Mayen F et al. Peste Des Petits Ruminants in the Middle East: Epidemiological Situation and Status of Control and Eradication Activities after the First Phase of the PPR Global Eradication Program (2017-2021). Animals 2023; 13, 1196. <https://doi.org/10.3390/ani13071196>
13. Marashi M, Masoudi S, Moghadam MK et al. Peste des petits ruminants virus in vulnerable wild small ruminants, Iran, 2014-2016. Emerging infectious diseases 2017;23(4):704-706. DOI: <http://dx.doi.org/10.3201/eid2304.161218>
14. Niedbalski W, Fitzner A, Bulenger K, Kesya A Peste des petits ruminants - crucial challenges for the successful disease eradication. Medycyna Weterynaryjna 2022;78(4):159-164. DOI: [dx.doi.org/10.21521/mw.6635](https://doi.org/10.21521/mw.6635)
15. Sait A, Dagalp SB Molecular analysis of Peste des Petits Ruminants Virus from outbreak in Turkey during 2010-2012. Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society 2019;70(3):1617-1624. doi:10.12681/jhvms.21784
16. Shahriari R, Khodakaram-Tafti A, Mohammadi A Molecular characterization of Peste des Petits ruminants virus isolated from four outbreaks occurred in southern Iran. BMC Veterinary Research 2019;15,177. <https://doi.org/10.1186/s12917-019-1920-y>

Публикуется на принципах открытого доступа
Published under an open access license
Creative Commons Attribution 4.0 International License.

DOI CrossRef:10.30917/ATT-VK-1814-9588-2025-1-17
УДК 618:619

Эффективность нового лекарственного препарата для повышения естественной резистентности организма животных



Чекрышева В.В.

Чекрышева В.В., доктор ветеринарных наук, директор
veterinar1987@mail.ru

Василенко В.Н., доктор сельскохозяйственных наук,
главный научный сотрудник
СКЗНИВИ – филиал ФГБНУ ФРАНЦ, г.Новочеркасск

Ключевые слова: животные, воспаление, резистентность, естественная резистентность, иммунитет, организм.

Резюме. В данной статье нами представлены данные исследований собак с диагнозом аденовирусная инфекция, которых лечили комплексно с использованием разработанного нами препарата для повышения естественной резистентности организма. Исследования проводились на базе ветеринарной клиники СКЗНИВИ в городе Новочеркасск Ростовской области. Новый лекарственный препарат, повышающий естественную резистентность организма животных разработан в условиях лаборатории Северо-Кавказского зонального научно-исследовательского ветеринарного института – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения "Федеральный Ростовский аграрный научный центр" в период 2023–2024 гг. Исследования проводились на беспородных собаках в возрасте от одного до шести лет. Для проведения эксперимента были сформированы 2 группы по принципу пар-аналогов. В опытной и контрольной группах использовали комплексную схему лечения, однако, в опытной группе животных терапию дополняли использованием разработанного нами препарата внутривенно капельно со скоростью 4 мл в минуту в течение 5 дней ежедневно из расчета 10 мл на 1 кг массы

Для цитирования / For citation

Эффективность нового лекарственного препарата для повышения естественной резистентности организма животных / Чекрышева В.В., Василенко В.Н. // Ветеринария и кормление. – 2025. – №1. – С.84–86.

Efficiency of a new drug for increasing the natural resistance of animals / Chekrysheva V.V., Vasilenko V.N. // Veterinaria i kormlenie. – 2025. – #1. – P.84–86.

Efficiency of a new drug for increasing the natural resistance of animals

Chekrysheva V.V., Vasilenko V.N.

SKZNIIVI - branch of the FGBNU FRANTS, Novocherkassk

Keywords: animals, inflammation, resistance, natural resistance, immunity, organism.

Abstract. In this article, we present the data of studies of dogs diagnosed with adenovirus infection, which were treated in combination with the drug we developed to increase the natural resistance of the organism. The studies were conducted at the veterinary clinic of the SKZNIIVI in Novocherkassk, Rostov Region. A new drug that increases the natural resistance of animals was developed in the laboratory of the North Caucasus Zonal Veterinary Research Institute - a branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Rostov Agrarian Scientific Center" in the period 2023-2024. The studies were conducted on mongrel dogs aged one to six years. To conduct the experiment, 2 groups were formed according to the principle of pairs-analogues. In the experimental and control groups, a complex treatment regimen was used, however, in the experimental group of animals, the therapy was supplemented by the use of the drug we developed intravenously by drip at a rate of 4 ml per minute for 5 days daily at the rate of 10 ml per 1 kg of body weight of the animal. At the end of the experiment, blood samples were taken for morphological examination from all animals included in the experiment to assess the effectiveness of the drug we developed that increases the natural resistance of the animal's body. Upon completion of the experiment, we established that the drug we developed has a high degree of effectiveness and has a positive effect on the blood picture, as well as the general condition of the animal when used intravenously by drip at a rate of 4 ml per minute for 5 days daily at a rate of 10 ml per 1 kg of the animal's body weight as part of complex therapy.

тела животного. По окончании эксперимента брали пробы крови для морфологического исследования у всех животных, включенных в опыт, для оценки эффективности разработанного нами препарата повышающего естественную резистентность организма животных. По завершению эксперимента нами установлено, что разработанный нами препарат обладает высокой степенью эффективности и положительно влияет на картину крови, а также общее состояние животного при использовании его внутривенно капельно со скоростью 4 мл в минуту в течение 5 дней ежедневно из расчета 10 мл на 1 кг массы тела животного в составе комплексной терапии.

Введение

Под естественной резистентностью или устойчивостью принято понимать способность животного организма противостоять неблагоприятному воздействию факторов внешней среды [2, 4]. Состояние естественной резистентности определяют неспецифические защитные факторы организма животных, связанные с их видовыми, индивидуальными и конституциональными особенностями. Естественные защитные силы организма животных являются довольно динамичным показателем и определяются как генетическими особенностями организма, так и воздействием различных факторов окружающей среды [1]. Это обстоятельство имеет громадное научное и практическое значение. Изменением

силы и продолжительности воздействия того или иного фактора можно направленно влиять на формирование и проявление защитных сил организма. Обеспечение животным благоприятных условий содержания и кормления, максимально отвечающих биологическим особенностям организма, сложившимся в процессе эволюционного развития, способствует более быстрому формированию и лучшему проявлению его защитных сил. И, наоборот, неблагоприятное воздействие окружающей среды приводит к ослаблению устойчивости организма, защитные силы его проявляются недостаточно, что усиливает опасность возникновения и распространения различных заболеваний, в том числе инфекционных [3,5]. Поэтому в основе борьбы с заболеваниями, особенно в условиях крупных ферм и комплексов, а также интенсивного использования животных должны лежать, прежде всего, профилактические мероприятия. Исходя из этого, укрепление естественных защитных сил организма является важнейшей задачей охраны здоровья животных, повышения их продуктивности, улучшения качества получаемой продукции [6].

При выполнении данных исследований, мы определили цель – провести анализ эффективности нового лекарственного препарата для повышения естественной резистентности организма животных.

Материалы и методы исследований

Новый лекарственный препарат, повышающий естественную резистентность организма животных разработан в условиях лаборатории Северо-Кавказского зонального научно-исследовательского ветеринарного института – филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения "Федеральный Ростовский аграрный научный центр" в период 2023–2024 гг.

Эффективность разработанного препарата была исследована на животных, поступающих в ветеринарную клинику СКЗНИВИ на лечение с согласия владельцев животных. В эксперимент были включены беспородные собаки в возрасте от одного года до шести лет. Одним из критериев отбора животных в опыт был также диагноз. В эксперимент были включены животные с вирусными инфекциями собак, такими как аденовирусная инфекция собак. Клинические признаки аденовирусной инфекции собак характеризовались кашлем до рвоты, увеличением шейных лимфатических узлов, катаральными истечениями из носа и глаз.

Всем животным был поставлен диагноз "аденовирусная инфекция собак" на основании клинической картины, морфологического анализа крови. Лечение во всех группах животных было комплексным.

В опытной группе собак использовали антибактериальный препарат синулокс из расчета 12,5 мг препарата на 1 кг веса животного дважды в день в течение 7 дней внутрь, препарат сульф 480 в качестве местного антибактериального препарата из расчета 1 таблетка на 15 кг массы тела животного в виде порошка в горло, разделив суточную дозу на два приема (утром и вечером). Терапию дополняли использованием разработанного нами препарата внутривенно капельно со скоростью 4 мл в минуту в течение 5 дней ежедневно из расчета 10 мл на 1 кг массы тела животного.

В контрольной группе животных использовали также антибактериальный препарат синулокс из расчета 12,5 мг препарата на 1 кг веса животного дважды в день в течение 7 дней внутрь, препарат сульф 480 в качестве местного антибактериального препарата из расчета 1 таблетка на 15 кг массы тела животного в виде порошка в горло, разделив суточную дозу на два приема (утром и вечером). Однако схему терапии дополняли использованием препарата эмицидин 2,5 % внутривенно капельно со скоростью 60 капель в минуту в дозе 2,5–10 мг действующего вещества на 1 кг массы животного ежедневно в течение 5 дней. После проведения курса лечения у всех исследуемых животных брали кровь для морфологического исследования для оценки эффективности используемого способа терапии.

Результаты исследований

В ходе проведения исследований в опытной группе животных использовали препарат синулокс, основным действующим веществом которого является амосициллин. Амоксициллин – полусинтетический пенициллин широкого спектра действия, который оказывает быстрое бактерицидное действие на многие грамположительные (*Streptococcus* spp., *Staphylococcus* spp., *Corynebacterium* spp.) и грамотрицательные бактерии (*Escherichia coli*, *Salmonella*, *Bordetella bronchiseptica*, *Proteus* spp., *Pasteurella*, *Klebsiella*), включая β -лактамазпродуцирующие штаммы. В качестве местного антибактериального препарата использовали препарат сульф 480. Сульф относится к группе комбинированных сульфаниламидных антибактериальных препаратов. Триметоприм и сульфадiazин, входящие в состав препарата, усиливают действие друг друга путем последовательного воздействия на метаболизм *p*-аминобензойной и фолевой кислот в микробной клетке, обеспечивая широкий спектр антибактериального действия. Препарат активен против грамположительных и грамотрицательных микроорганизмов, в т.ч. *Escherichia coli*, *Clostridium* spp., *Salmonella* spp., *Proteus* spp., *Bacillus anthracis*, *Pasteurella* spp., *Haemophilus* spp., *Vibrio* spp., *Staphylococcus* spp., *Streptococcus* spp., *Shigella* spp., *Corynebacterium* spp., *Klebsiella* spp., *Fusobacterium* spp., *Bordetella* spp., *Brucella* spp. Препарат назначают всем видам животных при бактериальных инфекциях органов дыхания. Также в комплексной схеме терапии использовали разработанный нами препарат, обладающий свойствами, повышающими естественную резистентность организма животного.

В ходе проведения исследований в контрольной группе животных использовали также препараты синулокс и сульф 480 в аналогичных дозировках, однако схему лечения дополняли применением препарата эмицидин 2,5%. Действующее вещество препарата относится к группе антиоксидантов и является ингибитором свободно-радикальных процессов в организме. Обладает выраженными антиоксидантными, антигипоксическими и мембранопротекторными свойствами, оказывает лечебное и профилактическое действие при гипоксиях различной этиологии. Механизм действия заключается в способности препарата уменьшать процессы перекисного окисления липидов в мембранах клеток, связывать свободные радикалы, специфически вли-

Таблица 1 – Терапевтическая эффективность разработанного нами препарата в составе комплексной схемы лечения

Группа	Подвергнуто лечению собак	Число дней лечения	Выздоровело	
			Голов	%
Опытная	7	5,3±0,1**	7	100,0
Контрольная	7	7,1±0,1	7	100,0

* $P \geq 0,95$; ** $P \geq 0,99$; *** $P \geq 0,999$

Таблица 2. Морфологическая картина крови исследуемых животных до начала лечения и после его проведения
Table 2. Morphological picture of the blood of the animals studied before and after treatment

Показатель	Показатели, ед. измерения											
	Эритроциты, млн/мм ³	Гемоглобин, г/л	Лейкоциты, тыс./мм ³	СОЭ, мм/ч	Б, %	Э, %	Нейтрофилы, %			Лимфоциты, %	Моноциты, %	Тромбоциты, 10 ⁹ /л
							Ю	П	С			
Показатели крови до начала лечения												
M±m	7,9± 0,17	115,6± 1,8	18,2± 0,2*	16,1± 0,2*	0,0	2,2± 0,34	0,0	8,3± 0,2	42,0± 1,1***	39,6± 1,2	0,98± 0,19	411,7± 7,1
Показатели крови после лечения												
M±m	8,1± 0,23	124,5± 2,4	7,1± 0,14*	0	0,0	2,7± 0,14	0,0	6,1± 0,6	48,0± 1,3*	41,4± 0,8	0,61± 0,4	402,4± 8,2
Lim	6,6-9,4	80-150	5,0-15,0	0-11	0-0,1	2,8-8	0-1	3-9	47-68	12-50	0,5-2	300-630

*P≥0,95; **P≥0,99; ***P≥0,999

яты на энергетический обмен, увеличивая степень энергизации клеток, повышая устойчивость организма к кислородной недостаточности. Назначают собакам и кошкам с лечебной и профилактической целью, а также в составе комплексной терапии при патологических состояниях, сопровождающихся гипоксией (кислородной недостаточностью) органов и тканей: при острой и хронической сердечно-сосудистой и сердечно-легочной недостаточности, заболеваниях, сопровождающихся воспалительными процессами, раневой патологии (раны, дерматиты, экземы, трофические язвы, ожоги, обморожения), в восстановительные после заболеваний и операций периоды, в ветеринарной гериатрии (уходе за старыми животными). Эффективность предложенных способов терапии представлена в таблице 1.

В результате проводимых исследований получили следующие результаты: в контрольной группе продолжительность терапевтического курса была значительно выше, чем в опытной группе и составляла в среднем 7,1 дней, что на 1,8 дня выше.

Кроме того, при проведении эксперимента по оценке терапевтической эффективности предложенных способов терапии животных, брали пробы крови для морфологической оценки до начала лечения и после него с целью оценки терапевтической эффективности используемых лекарственных средств. Результаты проводимых исследований представлены в таблице 2.

При анализе морфологической картины крови нами было отмечено, что уровень эритроцитов у больных животных до начала лечения составлял 7,9±0,17 млн/мм³; уровень гемоглобина – 115,6±1,8 г/л, уровень лейкоцитов – 18,2±0,2 тыс./мм³; СОЭ – 16,1±0,2 мм/ч, уровень тромбоцитов – 411,7±7,1 10⁹/л. Формула крови у больных животных выглядела следующим образом (%): базофилы – 0; эозинофилы – 2,2±0,34, юные нейтрофилы – 0; палочкоядерные нейтрофилы – 8,3±0,2; сегментоядерные нейтрофилы – 42,0±1,1; лимфоциты – 39,6±1,2; моноциты – 0,98±0,19. После проведенного лечения морфологическая картина крови пришла в норму. Так, уровень эритроцитов у исследуемых животных после проведенного лечения составлял 8,1±0,23 млн/мм³; уровень гемоглобина – 124,5±2,4 г/л, уровень лейкоцитов – 7,1±0,14 тыс./мм³; СОЭ – 0 мм/ч, уровень тромбоцитов – 402,4±8,2 10⁹/л. Формула крови у больных животных выглядела следующим образом (%): базофилы – 0; эозинофилы – 2,7±0,14, юные нейтрофилы – 0; палочко-

ядерные нейтрофилы – 6,1±0,6; сегментоядерные нейтрофилы – 48,0±1,3; лимфоциты – 41,4±0,8; моноциты – 0,61±0,4.

Заключение

Таким образом, в ходе проведенного нами исследования установлено, что разработанный нами препарат обладает высокой степенью эффективности и положительно влияет на картину крови, а также общее состояние животного при использовании его внутривенно капельно со скоростью 4 мл в минуту в течение 5 дней ежедневно из расчета 10 мл на 1 кг массы тела животного в составе комплексной терапии.

Литература

1. Внутренние болезни животных. Профилактика и терапия: учебник / Г. Г. Щербаков, А. В. Коробов, Б. М. Анохин [и др.]. - 5-е изд., испр. и доп. - Санкт-Петербург: Лань, 2022. - 736 с.
2. Кочарян, В. Д. Методики диагностики и лечения сельскохозяйственных животных: учебное пособие / В. Д. Кочарян, Г. С. Чижова, Ю. Г. Букаева. - Волгоград: Волгоградский ГАУ, [б. г.]. - Часть 2 - 2016. - 200 с.
3. Масимов, Н. А. Инфекционные болезни собак и кошек: учебное пособие для вузов / Н. А. Масимов, С. И. Лебедево. - 5-е изд., стер. - Санкт-Петербург: Лань, 2024. - 128 с.
4. Петрянкин, Ф. П. Болезни молодняка животных: учебное пособие / Ф. П. Петрянкин, О. Ю. Петрова. - 2-е изд., перераб. и доп. - Санкт-Петербург: Лань, 2022. - 352 с.
5. Справочник ветеринарного терапевта: учебное пособие / Г. Г. Щербаков, Н. В. Данилевская, С. В. Старченков [и др.]. - 5-е изд., испр. и доп. - Санкт-Петербург: Лань, 2022. - 656 с.
6. Хон, Ф. К. Основы ветеринарии и биотехника размножения: учебно-методическое пособие / Ф. К. Хон. - Курган: КГСХА им. Т. С. Мальцева, 2016. - 51 с.

References

1. Internal diseases of animals. Prevention and therapy: textbook / G. G. Shcherbakov, A. V. Korobov, B. M. Anokhin [et al.]. - 5th ed., corrected and add. - St. Petersburg: Lan, 2022. - 736 p.
2. Kocharyan, V. D. Methods of diagnostics and treatment of farm animals: textbook / V. D. Kocharyan, G. S. Chizhova, Yu. G. Bukavaeva. - Volgograd: Volgograd State Agrarian University, [b. g.]. - Part 2 - 2016. - 200 p.
3. Masimov, N. A. Infectious diseases of dogs and cats: textbook for universities / N. A. Masimov, S. I. Lebedko. - 5th ed., stereotypical - Saint Petersburg: Lan, 2024. - 128 p.
4. Petryankin, F. P. Diseases of young animals: a textbook / F. P. Petryankin, O. Yu. Petrova. - 2nd ed., revised and enlarged. - Saint Petersburg: Lan, 2022. - 352 p.
5. Handbook of a veterinary therapist: a textbook / G. G. Shcherbakov, N. V. Danilevskaya, S. V. Starchenkov [et al.]. - 5th ed., revised and enlarged. - Saint Petersburg: Lan, 2022. - 656 p.
6. Khon, F. K. Fundamentals of veterinary science and biotechnics of reproduction: a teaching aid / F. K. Khon. - Kurgan: KGSXA named after T. S. Maltsev, 2016. - 51 p.

Публикуется на принципах открытого доступа
Published under an open access license
Creative Commons Attribution 4.0 International License.
DOI CrossRef:10.30917/ATT-VK-1814-9588-2025-1-18
УДК 636.082

Отношение концентрации эстрадиола-17β в сыворотке крови к числу ооцитов как предиктор результативности OPU у телок-доноров истобенской породы



Чинаров Р.Ю.

Чинаров Р.Ю., кандидат ветеринарных наук, старший научный сотрудник, roman_chinarov@mail.ru
Сингина Г.Н., кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, зав. лабораторией, g_singina@mail.ru
Луканина В.А., младший научный сотрудник, kristybatle@gmail.com
Митяшова О.С., кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, mityashova_o@mail.ru
Лебедева И.Ю., доктор биологических наук, главный научный сотрудник, irladv@mail.ru
ФГБНУ "Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста", Московская обл., г.о. Подольск

Ключевые слова: истобенская порода, аспирация фолликулов, Ovum Pick-Up, эстрадиол-17β, ооцит-кумулясные комплексы, биомаркеры.

Резюме. В научной статье представлены результаты исследования ассоциаций отношения концентрации эстрадиола-17β (ЭД) в сыворотке крови к числу извлеченных ооцитов (ЭД/ОКК), с показателями результативности аспирации фолликулов (OPU) и получения эмбрионов *in vitro* (IVP) у телок-доноров истобенской породы. Всего на каждой из телок (n=6) было выполнено девять сеансов OPU с интенсивностью два раза в неделю (всего 54 сеанса). Для расчета показателя ЭД/ОКК определяли концентрацию ЭД в сыворотке крови в дни проведения сеансов OPU методом иммуноферментного анализа и число ОКК, извлеченных посредством OPU. Установлена отрицательная связь между показателем ЭД/ОКК и долей развития бластоцист ($r=-0,36$, $p<0,01$). В сеансах OPU, в которых отмечались минимальные значения показателя ЭД/ОКК ($0,027\pm 0,03$), выявлено

Для цитирования / For citation

Отношение концентрации эстрадиола-17β в сыворотке крови к числу ооцитов как предиктор результативности OPU у телок-доноров истобенской породы / Чинаров Р.Ю. [и др.] // Ветеринария и кормление. – 2025. – №1. – С.87–91.

Estradiol to oocyte ratio as predictor of OPU efficiency in donor heifers of Istoben breed / Chinarov R.Yu [et al.] // Veterinaria i kormlenie. – 2025. – #1. – P.87–91.

Estradiol to oocyte ratio as predictor of OPU efficiency in donor heifers of Istoben breed

Chinarov R.Yu., Lukanina V.A., Mityashova O.S., Lebedeva I.Yu., Singina G.N.
L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry, Moscow region, Podolsk, Dubrovitzky, 60

Key words: Istoben breed, follicle aspiration, Ovum Pick-Up, estradiol-17β, oocyte-cumulus complexes, biomarkers.

Abstract. The research paper presents the results of a study of the associations of the blood serum estradiol-17β (E2) to the retrieved oocyte ratio (E2/COCs) with indices of the efficiency follicle aspiration (OPU) and *in vitro* production (IVP) of embryos in donor heifers of the Istoben breed. In total, nine OPU sessions with intensity twice a week were performed on each of the heifers (n=6; 54 sessions in total). To calculate the E2/COCs ratio, we determined the serum concentration of E2 on the days of OPU sessions by enzyme immunoassay and the number of COCs, which were retrieved by OPU. A negative correlation was observed between the E2/COCs ratio and the blastocyst rate ($r=-0.36$, $p<0.01$). In OPU sessions, in which the lowest values of the E2/COCs ratio were observed (0.027 ± 0.03), a significantly higher number of follicles (14.75 ± 0.75), retrieved COCs (9.75 ± 1.49) and suitable COCs (7.00 ± 1.22), as well as a higher blastocyst rate ($39.3\pm 9.2\%$) were revealed, which resulted on average in 2.75 ± 1.03 embryos in the blastocyst stage per OPU session. In the group with higher values of the E2/COCs ratio (0.258 ± 0.013), none of the oocytes reached the blastocyst stage. Thus, when selecting donor heifers of the Istoben breed for OPU/IVP, it is advisable to monitor the developmental pattern of ovarian follicles and the blood serum concentration of E2.

достоверно большее число фолликулов ($14,75\pm 0,75$), извлеченных ОКК ($9,75\pm 1,49$) и пригодных ОКК ($7,00\pm 1,22$), а также более высокая доля развития бластоцист ($39,3\pm 9,2\%$), что за в среднем за сеанс OPU приводило к получению $2,75\pm 1,03$ эмбрионов в стадии бластоцисты. В группе с более высокими значениями показателя ЭД/ОКК ($0,258\pm 0,013$) стадии бластоцисты не достигал ни один из ооцитов. Таким образом, при отборе телок-доноров истобенской породы для OPU/IVP целесообразно проводить мониторинг паттерна развития овариальных фолликулов и концентрации ЭД в сыворотке крови.

Введение

Получение эмбрионов *in vitro* (IVP-эмбрионы) из ооцитов, извлекаемых из овариальных фолликулов (OPU), является сегодня доминирующей технологией в коммерческом производстве эмбрионов у крупного рогатого скота [1]. Наблюдаемая в последние годы тенденция отказа от использования экзогенных гонадотропинов [2] обуславливает необходимость поиска биологических и биотехнологических факторов, влияющие на количественные и качественные характеристики получаемых ооцитов и их компетенцию к развитию в системе *in vitro* [3]. В качестве одного из потенциальных предикторов эффективности вспомогательных репродуктивных технологий (ВРТ), включая получение OPU/IVP-эмбрионов, рассматривается содержание в крови эстрадиола-17β (ЭД). Известно, что число антральных фолликулов между отдельными животными сильно варьирует, но у одних и тех же животных характеризуется высокой повторяемостью между волнами и циклами [4]. Развитие антральных фолликулов сопровождается повышением концентрации ЭД в крови [5]. Многочисленные

исследования ассоциаций ЭД с эффективностью ВРТ проводятся на человеке. Так, установлена связь содержания ЭД в крови в день стимуляции хорионическим гонадотропином (ХГ) с числом полученных ОКК [6]. Более высокие концентрации ЭД были ассоциированы с большим числом ОКК, МП-ооцитов, а также числом IVP-эмбрионов хорошего качества [7]. Показана положительная связь уровня ЭД на 7-й день после стимуляции яичников со степенью оплодотворения ооцитов [8]. Часто используемым предиктором успешности ВРТ у человека является соотношение концентрации ЭД в крови в день введения хорионического гонадотропина (ХГ) к числу полученных ОКК (ЭД/ОКК), предложенное Loumaue E. с соавт. [9], а также его аналогичные производные: соотношение ЭД к числу фолликулов (ЭД/ФОЛ) [10] или к числу МП-ооцитов (ЭД/ооцит) [7]. Было показано, что более низкие значения ЭД/ОКК или ЭД/ооцит ассоциированы с получением большего числа эмбрионов хорошего качества [7, 11]. Установлена отрицательная связь показателя ЭД/ооцит с числом ооцитов, степенью созревания и числом бластоцист хорошего качества [12], числом созревших ооцитов [11, 13]. В другом исследовании связи параметра ЭД/ОКК с результативностью ВРТ выявлено не было [14]. Исследования связи концентрации ЭД с результативностью технологии OPU/IVP у крупного рогатого скота пока имеют ограниченный характер. На молочных коровах была показана положительная связь концентрации ЭД с числом яйцеклеток, полученных от коров, находящихся на 3-ем месяце лактации, в то время как у коров, находящихся на 9-ом месяце лактации, ассоциации не обнаруживались [15]. В исследованиях, проведенных на телках истобенской породы, было показано достоверное влияние сеанса OPU на изменчивость содержания ЭД в сыворотке крови [16]. Принимая во внимание, что экономическая эффективность технологии OPU/IVP напрямую связана с числом OPU/IVP-эмбрионов, получаемых за сеанс OPU, целью настоящей работы явилось определение ассоциаций между соотношением концентрации эстрадиола-17 β в сыворотке крови к числу извлеченных ооцитов и результативностью OPU/IVP у телок истобенской породы для оценки возможности использования данного показателя для отбора доноров и прогнозирования эффективности ВРТ.

Материалы и методы исследований

Исследуемая выборка была представлена половозрелыми телками истобенской породы (n=6). Телок содержали на экспериментальной ферме ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста беспривязно под навесами. Животные получали стандартный сено-концентратный рацион, сбалансированный по энергии, питательным и биологически активным веществам, в соответствии с нормами потребностей [17]. Экспериментальные исследования проводили в соответствии с модельным законом Межпарламентской Ассамблеи государств-участников Содружества Независимых Государств "Об обращении с животными", ст. 20 (постановление МА государств-участников СНГ № 29-17 от 31.10.2007 г.). Гормональные обработки с целью синхронизации полового цикла проводили как описано ранее [18]. Сеансы OPU проводили в режиме дважды в неделю, начиная с 4-го дня полового цикла (по 9 сеансов на каждом из доноров, всего 54 сеанса). Для аспирации фолликулов использовали систему для OPU (Minitube, Германия) с секторным зондом Aloka UST-9111-5, 5 МГц/90°/14 мм. Аспирации подвергали все УЗИ-видимые фолликулы диаметром более 2 мм. Пригодными считали ОКК с гомогенной цитоплазмой, имеющие один и более слоев клеток кумулюса [19].

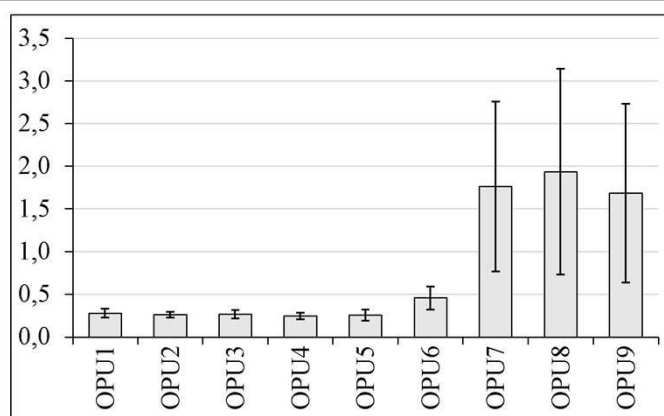


Рисунок 1. Среднее значение и пределы погрешностей концентрации эстрадиола-17 β в сыворотке крови телок истобенской породы при проведении сеансов OPU

Figure 1. Concentration of estradiol-17 β in blood serum of donor heifers of the Istoben breed at performing OPU sessions. Примечание: ось X - сеанс OPU; ось Y - концентрация эстрадиола-17 β в сыворотке крови, нмоль/л; в качестве пределов погрешностей указаны значения среднеквадратического отклонения.

Кровь для определения ЭД отбирали из хвостовой вены в одноразовые вакуумные пробирки Vacuette (GreinerBio-One, Австрия) с активатором свертывания. Сыворотку крови отделяли центрифугированием при 6000 об/мин в течение 5 минут. Образцы сыворотки крови хранили при -20 °С и размораживали непосредственно перед проведением исследований. Для определения концентрации ЭД в сыворотке крови методом иммуноферментного анализа использовали набор ООО "Хема" (Россия) с порогом детекции 0,025 нмоль/л. Показатель ЭД/ОКК определяли, как отношение концентрации ЭД в сыворотке крови в день проведения сеанса OPU к числу ОКК, извлеченных в соответствующий сеанс.

Результативность OPU/IVP оценивали по следующим показателям: число УЗИ-видимых фолликулов, число извлеченных ОКК, степень извлечения ОКК, число и доля пригодных ОКК, число созревших ооцитов и доля созревания, число раздробившихся эмбрионов и доля дробления, число полученных бластоцист и доля развития бластоцист. Долю созревания, долю дробления и долю развития бластоцист определяли, как отношение соответственно числа созревших ооцитов, числа раздробившихся эмбрионов и числа полученных бластоцист к числу культивируемых ОКК, выраженное в процентах. Для оценки связи показателя ЭД/ОКК с показателями результативности OPU выполняли расчет значений корреляции Спирмена (r_s). В зависимости от значений показателя ЭД/ОКК все сеансы OPU были

Таблица 1. Корреляция значений показателя ЭД/ОКК с результативностью OPU/IVP у телок-доноров истобенской породы.

Table 1. Correlation between E2/COCs indices and OPU/IVP efficiency in donor heifers of Istoben breed

Показатель	Коэффициенты корреляции (r _s)
Концентрация ЭД, нмоль/л	0,61***
Доля пригодных ОКК, %	0,02
Доля созревания, %	0,20
Доля дробления, %	-0,06
Доля развития бластоцист, %	-0,36**

Примечание: ЭД/ОКК – отношение концентрации эстрадиола-17 β в сыворотке крови к числу извлеченных ооцит-кумулюсных комплексов; r_s – коэффициент ранговой корреляции Спирмена; ***p<0,001, **p<0,01.

разделены на 2 группы: I – меньше среднего значения в исследуемой выборке ($<M$); II – больше среднего значения в исследуемой выборке ($>M$). Для более детального анализа группа I была разделена на четыре подгруппы в зависимости от значений показателя ЭД/ОКК: IA – ЭД/ОКК $< (M-\sigma)$, IB – ЭД/ОКК = от $(M-\sigma)$ до M , IC – ЭД/ОКК = от M до $(M+\sigma)$ и ID – ЭД/ОКК $> (M+\sigma)$. В каждой из групп и подгрупп проводили расчет средних значений (M) показателей результативности ОРУ и стандартных ошибок (m). Для оценки достоверности различий между группами и подгруппами использовали непараметрический критерий Манна-Уитни (U-критерий) для двух независимых выборок. Полученные значения считали значимыми при $p < 0,05$, и имеющими характер тенденции при $p < 0,10$.

Результаты исследований

Концентрация ЭД в различные дни проведения сеансов ОРУ в группе доноров варьировала от 0,172 до 3,474 нмол/л и в среднем по исследуемой выборке составила $0,793 \pm 0,126$ нмол/л. Значения ЭД/ОКК варьировали от 0,021 до 3,474 при среднем значении показателя $0,394 \pm 0,098$. Расчет коэффициента ранговой корреляции Спирмена показал достоверные отрицательные корреляционные зависимости между показателем ЭД/ОКК и компетенцией развития ооцитов: $r_s = -0,36$ ($p < 0,01$) для показателя доли развития бластоцист (табл. 1).

Вместе с тем, сравнение результативности ОРУ в группах с низкими ($<M$) и высокими ($>M$) значениями показателя ЭД/ОКК не показало достоверных различий. На уровне тенденции было отмечено более высокое число полученных бластоцист в среднем за сеанс ОРУ в группе с низкими значениями ЭД/ОКК (табл. 2).

Возможной причиной отсутствия достоверных различий между группами может быть высокая вариабельность концентрации ЭД ($C_v = 116,34\%$ в группе I и $116,53\%$ – в группе II). Такая вариабельность была обусловлена многократным (более, чем в пять раз) увеличением концентрации ЭД у четырех из шести опытных животных при проведении сеансов ОРУ7-ОРУ9 (рис. 1) без заметных изменений в числе извлеченных ОКК.

Принимая во внимание наличие достоверных корреляций между показателем ЭД/ОКК и результативностью ОРУ/IVP (см. табл. 1), в целях оценки возможного доза-зависимого эффекта группа I была разделена на 4 квартиля (подгруппы IA, IB, IC и ID) в зависимости от значения ЭД/ОКК. Данные результативности ОРУ/IVP в подгруппах IA, IB, IC и ID представлены в таблице 3.

Как следует из данных, представленных в таблице 3, в сеансах ОРУ, в которых выявлялись минимальные значения показателя ЭД/ОКК (подгруппа IA, ЭД/ОКК $< (M-\sigma)$), было обнаружено достоверно более

высокое количество фолликулов и число полученных ОКК по сравнению с другими группами. Следует отметить, что достоверно более высокое количество полученных ОКК в подгруппе IA было обусловлено, как большим числом аспирированных фолликулов, так и более высокой степенью извлечения ОКК. Мы не выявили достоверных различий в доле созревания ооцитов между подгруппами, в то время как доля первого деления дробления в подгруппах с более низкими значениями показателя ЭД/ОКК (группы IA и IB) была достоверно выше по сравнению с подгруппой ID с наиболее высокими значениями данного показателя. Мы установили обратную зависимость между значениями показателя ЭД/ОКК и долей развития бластоцист: в подгруппе IA с минимальными значениями ЭД/ОКК доля развития бластоцист составила $39,3\%$, в то время как в подгруппе ID с наиболее высокими значениями ЭД/ОКК стадии бластоцисты не достиг ни один из ооцитов, подвергнутых созреванию, оплодотворению и культивированию в системе *in vitro*. В подгруппах IB и IC с промежуточными значениями показателя ЭД/ОКК показатель доли развития бластоцист также характеризовался промежуточными значениями: соответственно, $25,0$ и $14,3\%$. Более высокое количество пригодных ОКК и их более высокая компетенция к развитию *in vitro* до стадии бластоцисты в сеансах ОРУ с более низкими значениями показателя ЭД/ОКК обуславливали получение большего числа бластоцист в среднем за один сеанс ОРУ: $2,75 \pm 1,03$ в подгруппе IA против $0,82 \pm 0,21$ – в подгруппе IB ($p < 0,05$), $0,22 \pm 0,15$ – в подгруппе IC ($p < 0,01$) и $0,00$ – в подгруппе ID ($p < 0,01$). Следует отметить, что средние концентрации ЭД в подгруппах IA и IB достоверно не различались, в связи с чем различия в значениях показателя ЭД/ОКК были обусловлены, главным образом, большим числом фолликулов в подгруппе IA.

Таким образом, в результате проведенных исследований установлена более высокая компетенция к развитию до стадии бластоцисты в системе *in vitro* для ооцитов, полученных от телок-доноров истобенской породы, характеризующихся меньшими значениями соотношения концентрации эстрадиола-17β в сыворотке крови к числу полученных ооцит-кумулюсных комплексов (ЭД/ОКК) в дни проведения сеансов ОРУ. Доля ооцитов, развившихся до стадии бластоцисты после созревания, оплодотворения и культивирования *in vitro*, в группе с меньшими значениями показателя ЭД/ОКК (в среднем $0,027 \pm 0,03$ с вариациями от 0,021 до 0,033) составила $39,3\%$, в то время как в группе с более высокими значениями показателя ЭД/ОКК (в среднем $0,258 \pm 0,013$ с вариациями от 0,218 до 0,318) стадии бластоцисты не достигал ни один из ооцитов. Учитывая, что число антральных фолликулов между отдельными животными сильно варьирует, но у одних и тех же животных характеризуется высокой повторяемостью между волнами и циклами, целесообразно проводить отбор доноров для получе-

Таблица 2. Результативность ОРУ/IVP у телок истобенской породы в группах с низкими и высокими значениями ЭД/ОКК
Table 2. Efficiency of OPU/IVP in heifers of Istoben breed in groups with low and high values of E2/COCs

Показатель	Значения показателей в группах	
	I (ЭД/ОКК $< M$)	II (ЭД/ОКК $> M$)
Число сеансов ОРУ, п	43	11
ЭД/ОКК ($M \pm m$), ед	$0,119 \pm 0,012$	$1,468 \pm 0,319$
ЭД/ОКК (лимиты), ед	$0,021 - 0,318$	$0,414 - 3,474$
Число фолликулов, п	$9,19 \pm 0,53$	$7,62 \pm 0,62$
Число ОКК, п	$4,42 \pm 0,48$	$1,91 \pm 0,44$
Число пригодных ОКК, п	$3,05 \pm 0,38$	$1,55 \pm 0,43$
Доля пригодных ОКК, %	$68,9 \pm 7,1$	$81,0 \pm 13,1$
Созревшие ооциты, п	$2,67 \pm 0,35$	$1,36 \pm 0,41$
Доля созревания, %	$87,8 \pm 5,4$	$88,2 \pm 11,4$
Раздробившиеся эмбрионы, п	$1,98 \pm 0,28$	$1,18 \pm 0,33$
Доля дробления, %	$64,9 \pm 7,8$	$76,5 \pm 15,0$
Число бластоцист, п	$0,72 \pm 0,18^1$	$0,27 \pm 0,19^1$
Доля развития бластоцист, %	$23,7 \pm 7,0$	$17,6 \pm 13,5$

Примечание: ЭД/ОКК – отношение концентрации эстрадиола-17β в сыворотке крови к числу извлеченных ооцит-кумулюсных комплексов; различия достоверны при ** $p < 0,01$, ¹ $p < 0,10$ (на основании расчета критерия Манна-Уитни).

ния ооцитов по результатам мониторинга паттерна развития овариальных фолликулов и определения концентрации ЭД в сыворотке крови.

Исследования выполнены при поддержке Минобрнауки России, тема № FGGN-2023-0004 (№ гос. регистрации 123082900056-2)

Литература.

1. Чинаров, Р.Ю. Производство эмбрионов крупного рогатого скота с использованием прижизненно получаемых ооцитов: мировые тренды и перспективы (обзор) / Р.Ю. Чинаров, В.А. Луканина // Достижения науки и техники АПК. - 2023. - Т. 37. - № 9. - С. 31-38. doi: 10.53859/02352451_2023_37_9_31.
2. Чинаров, Р.Ю. Развитие технологии прижизненного получения ооцитов у коров: современное состояние и направления исследований (обзор) / Р.Ю. Чинаров // Сельскохозяйственная биология. - 2024. - том 59. - № 2. - С. 194-220. doi: 10.15389/agrobiology.2024.2.194rus.
3. Ferre, L.B. Transvaginal ultrasound-guided oocyte retrieval in cattle: State-of-the-art and its impact on the in vitro fertilization embryo production outcome / L.B. Ferre, H. Alvarez-Gallardo, S. Romo, C. Fresno, T. Stroud, B. Stroud, B. Lindsey, M.E. Kjelland // Reproduction in Domestic Animals. - 2023. - V. 58. - No. 3. - 363-378.
4. Burns, D.S. Numbers of antral follicles during follicular waves in cattle: Evidence for high variation among animals, very high repeatability in individuals, and an inverse association with serum follicle-stimulating hormone concentrations / D.S. Burns, F. Jimenez-Krassel, J.L.H. Ireland, et al. // Biol. Reprod. - 2005. - Vol. 73. - P. 54-62.
5. Bahr, J.M. Ovary. In: Skinner M.K. (ed.) Encyclopedia of reproduction. 2nd ed. Oxford: Academic Press; 2018, p. 1-9.
6. Var, T. Relationship between the oestradiol/oocyte ratio and the outcome of assisted reproductive technology cycles with gonadotropin releasing hormone agonist / T. Var, E. Tonguc, M. Dogan, L. Mollamahmutoglu // Gynecol Endocrinol. - 2011. - V. 27. - No. 8. - P. 558-561.
7. Taheri, F. The determination of estradiol to cumulus oocyte complex (COC) number ratio: does it predict the outcomes of ART cycles? / F. Taheri, M. Omid, M.A. Khalili, A. Agha-Rahimi, M. Sabour, A. Faramarzi, E. Mangoli // J Reprod Infertil. - 2020. - Vol. 21. - No. 1. - P. 11-16.
8. Prima, B.R. Estradiol on Day Seven is a Good Predictor for Oocyte Maturation Rate in In Vitro Fertilization Program / B.R. Prima, A. Hestiantoro, E.R. Gunardi, Y.B. Saroyo, M. Natadisastra // Indones J Obstet Gynecol. - 2022. - Vol. 10. - No. 2. - P. 91-94.
9. Loumaye, E. Assessment of the role of serum luteinizing hormone and estradiol response to follicle-stimulating hormone on in vitro fertilization treatment outcome / E. Loumaye, P. Engrand, C.M. Howles, L. O'Dea // Fertil Steril. - 1997. - Vol. 67. - No. 5. - P. 889-899.
10. Orvieto, R. The influence of estradiol/follicle and estradiol/oocyte ratios on the outcome of controlled ovarian stimulation for in vitro fertilization / R. Orvieto, E. Zohav, S. Scharf, J. Rabinson, S. Meltzer, E.Y. Anteby, R. Homburg // Gynecological Endocrinology. - 2007. - Vol. 23. - No. 2. P. 72-75. doi: 10.1080/09513590601137137.
11. Aslih, N. More is not always better-lower estradiol to mature oocyte ratio improved IVF outcomes / N. Aslih, M. Michaeli, D. Mashenko, A. Ellenbogen, O. Lebovitz, Y. Atzmon, E. Shalom-Paz // Endocr Connect. - 2021. - Vol. 10. - No. 2. P. 146-153. doi: 10.1530/EC-20-0435.
12. Li, S. High estradiol per retrieved oocyte level predicts poor IVF outcome in patients with less than 15 oocytes / S. Li, T.C. Gibson, D. Noorhasan, W.B. Schoolcraft, J.E. Swain // Fertility and Sterility. - 2021. - Vol.

166. - No. 3. - E. 240. Doi: 10.1016/j.fertnstert.2021.07.646.
13. Malathi, A. Correlation between estradiol levels on day of HCG trigger and the number of mature follicles, number of oocytes retrieved, and the number of mature oocytes (M2) after oocyte aspiration in ICSI cycles / A. Malathi, S. Balakrishnan, B.S. Lanshmi // Middle East Fertil Soc J. - 2021. - Vol. 26. - 34. Doi: 10.1186/s43043-021-00080-5.
14. Vaughan, D. Serum estradiol: oocyte ratio as a predictor of reproductive outcome: an analysis of data from >9000 IVF cycles in the Republic of Ireland / D. Vaughan, C. Harrity, E.S. Sills, E.V. Mocanu // Journal of Assisted Reproduction and Genetics. - 2016. - Vol. 33. No. 4. P. 481-488. doi: 10.1007/s10815-016-0664-x.
15. Argov, N. Number of oocytes obtained from cows by OPU in early, but not late lactation increased with plasma insulin and estradiol concentrations and expression of mRNA of the FSH receptor in granulosa cells / N. Argov, A. Arav, D. Sklan // Theriogenology. - 2004. V. 61. - N. 5. - P. 947-962. doi: 10.1016/j.theriogenology.2003.07.014.
16. Чинаров Р.Ю., Луканина В.А., Митяшова О.С., Сингина Г.Н., Сермягин А.А., Лебедева И.Ю. Динамика содержания половых гормонов в крови телок-доноров истобенской породы при проведении последовательных сеансов ОПУ // Ветеринария и кормление. - 2024. - № 4. - С. 108-113. doi: 10.30917/АТТ-ВК-1814-9588-2024-4-23.
17. Некрасов, П.В. Нормы потребностей молочного скота и свиней в питательных веществах: Монография / Под. ред. П.В. Некрасова, А.В. Головина, Е.А. Махаева // Москва, 2018, 290 с.
18. Чинаров, Р.Ю. Результативность прижизненного получения ооцитов у коров тагильской породы / Р.Ю. Чинаров, В.А. Луканина, Г.Н. Сингина // Ветеринария и кормление. - 2024. - № 1. - С. 89-94. doi: 10.30917/АТТ-ВК-1814-9588-2024-1-19.
19. Сингина, Г.Н. Влияние количества повторяющихся процедур ОПУ на эффективность получения in vitro эмбрионов у Ярославской породы крупного рогатого скота / Г.Н. Сингина, Р.Ю. Чинаров, Е.Н. Шедова // Достижения науки и техники АПК. - 2023. - Т. 37. - №. 11. - С. 59-64. Doi: 10.53859/02352451_2023_37_11_59.

References.

1. Chinarov, R.Yu. Production of bo/vine embryos using oocytes collected by Ovum Pick-Up: world trends and perspectives (review) / R.Yu. Chinarov, V.A. Lukanina // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. - 2023. - V. 37. - No. 9. - P. 31-38. doi: 10.53859/02352451_2023_37_9_31.
2. Chinarov, R.Yu. Developing the Ovum Pick-Up technology in cattle: state-of-the-art and research directions (review) / R.Yu. Chinarov // Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya [Agricultural Biology]. - 2024. - Vol. 59. - No. 2. - P. 194-220. doi: 10.15389/agrobiology.2024.2.194eng
3. Ferre, L.B. Transvaginal ultrasound-guided oocyte retrieval in cattle: State-of-the-art and its impact on the in vitro fertilization embryo production outcome / L.B. Ferre, H. Alvarez-Gallardo, S. Romo, C. Fresno, T. Stroud, B. Stroud, B. Lindsey, M.E. Kjelland // Reproduction in Domestic Animals. - 2023. - V. 58. - No. 3. - 363-378.
4. Burns, D.S. Numbers of antral follicles during follicular waves in cattle: Evidence for high variation among animals, very high repeatability in individuals, and an inverse association with serum follicle-stimulating hormone concentrations / D.S. Burns, F. Jimenez-Krassel, J.L.H. Ireland, et al. // Biol. Reprod. - 2005. - Vol. 73. - P. 54-62.
5. Bahr, J.M. Ovary. In: Skinner M.K. (ed.) Encyclopedia of reproduction. 2nd ed. Oxford: Academic Press; 2018, p. 1-9.
6. Var, T. Relationship between the oestradiol/oocyte ratio and the outcome of assisted reproductive technology cycles with gonadotropin releasing hormone agonist / T. Var, E. Tonguc, M. Dogan, L. Mollamahmutoglu // Gynecol Endocrinol. 2011. - V. 27. - No. 8. - P. 558-561.
7. Taheri, F. The determination of estradiol to cumulus oocyte complex (COC) number ratio: does it predict the outcomes of ART cycles? / F. Taheri,

Таблица 3. Результативность ОПУ/ИВП у телок истобенской породы в подгруппах с различными значениями ЭД/ОКК
Table 3. Efficiency of OPU/IVP in heifers of Istoben breed in subgroups with different values of E2/COCs indices

Показатель	Значения показателей в подгруппах			
	IA <(M-σ)	IB (M-σ) – M	IC M – (M+σ)	ID >(M+σ)
ЭД/ОКК				
Число сеансов ОПУ	4	22	9	8
ЭД/ОКК, M±m	0,027±0,03	0,072±0,006	0,149±0,005	0,258±0,013
ЭД/ОКК, лимиты	0,021–0,033	0,039–0,116	0,135–0,176	0,218–0,318
ЭД, нмол/л	0,26±0,02 ^{a,e}	0,30±0,03	0,40±0,06 ^e	0,85±0,37 ^a
Число фолликулов, n	14,75±0,75 ^{e,f}	8,64±0,56 ^e	8,22±0,88 ^f	9,00±1,68
Число ОКК, n	9,75±1,49 ^{a,b,e}	4,68±0,48 ^e	2,67±0,44 ^a	3,00±1,34 ^b
Степень извлечения, %	66,1±6,2 ^{a,b}	54,2±3,6 ^{c,d}	32,4±5,4 ^{a,c}	33,3±5,6 ^{b,d}
Число пригодных ОКК, n	7,00±1,22 ^{a,b,e}	3,27±0,40 ^a	1,56±0,34 ^b	2,13±1,11 ^e
Созревшие ооциты, n	6,50±1,33 ^{a,b,e}	2,77±0,30 ^a	1,22±0,28 ^b	2,13±1,11 ^e
Доля созревания, %	92,9±4,9	84,7±4,2	78,6±11,0	100,0
Раздробившиеся эмбрионы, n	5,25±1,11 ^{a,b,e}	2,32±0,29 ^a	0,67±0,24 ^b	0,88±0,49 ^e
Доля дробления, %	75,0±8,2 ^a	70,8±5,4 ^b	42,9±13,2	41,2±11,9 ^{a,b}
Число бластоцист, n	2,75±1,03 ^{a,b,e}	0,82±0,21 ^{e,f}	0,22±0,15 ^a	0,00 ^{b,f}
Доля развития бластоцист, %	39,3±9,2 ^{a,e}	25,0±5,1 ^b	14,3±9,4 ^e	0,0 ^{a,b}

Примечание: различия между показателями, маркированными одинаковыми надстрочными буквами, достоверны при ^{a,b,c,d}p<0,01, ^{e,f}p<0,05.

- M. Omid, M.A. Khalili, A. Agha-Rahimi, M. Sabour, A. Faramarzi, E. Mangoli // J. Reprod Infertil. - 2020. - Vol. 21. - No. 1. - P. 11-16.
8. Prima, B.R. Estradiol on Day Seven is a Good Predictor for Oocyte Maturation Rate in In Vitro Fertilization Program / B.R. Prima, A. Hestiantoro, E.R. Gunardi, Y.B. Saroyo, M. Natadisastra // Indones J Obstet Gynecol. - 2022. - Vol. 10. - No. 2. - P. 91-94.
9. Loumaye, E. Assessment of the role of serum luteinizing hormone and estradiol response to follicle-stimulating hormone on in vitro fertilization treatment outcome / E. Loumaye, P. Engrand, C.M. Howles, L. O'Dea // Fertil Steril. - 1997. - Vol. 67. - No. 5. - P. 889-899.
10. Orvieto, R. The influence of estradiol/follicle and estradiol/oocyte ratios on the outcome of controlled ovarian stimulation for in vitro fertilization / R. Orvieto, E. Zohav, S. Scharf, J. Rabinson, S. Meltzer, E.Y. Anteby, R. Homburg // Gynecological Endocrinology. - 2007. - Vol. 23. - No. 2. P. 72-75. Doi: 10.1080/09513590601137137.
11. Aslih, N. More is not always better-lower estradiol to mature oocyte ratio improved IVF outcomes / N. Aslih, M. Michaeli, D. Mashenko, A. Ellenbogen, O. Lebovitz, Y. Atzmon, E. Shalom-Paz // Endocr Connect. - 2021. - Vol. 10. - No. 2. P. 146-153. doi: 10.1530/EC-20-0435.
12. Li, S. High estradiol per retrieved oocyte level predicts poor IVF outcome in patients with less than 15 oocytes / S. Li, T.C. Gibson, D. Noorhasan, W.B. Schoolcraft, J.E. Swain // Fertility and Sterility. - 2021. - Vol. 166. - No. 3. - E. 240. Doi: 10.1016/j.fertnstert.2021.07.646.
13. Malathi, A. Correlation between estradiol levels on day of HCG trigger and the number of mature follicles, number of oocytes retrieved, and the number of mature oocytes (M2) after oocyte aspiration in ICSI cycles / A. Malathi, S. Balakrishnan, B.S. Lanshmi // Middle East Fertil Soc J. - 2021. - Vol. 26. - 34. Doi: 10.1186/s43043-021-00080-5.
14. Vaughan, D. Serum estradiol: oocyte ratio as a predictor of reproductive outcome: an analysis of data from >9000 IVF cycles in the Republic of Ireland / D. Vaughan, C. Harrity, E.S. Sills, E.V. Mocanu // Journal of Assisted Reproduction and Genetics. - 2016. - Vol. 33. No. 4. P. 481-488. doi: 10.1007/s10815-016-0664-x.
15. Argov, N. Number of oocytes obtained from cows by OPU in early, but not late lactation increased with plasma insulin and estradiol concentrations and expression of mRNA of the FSH receptor in granulosa cells / N. Argov, A. Arav, D. Sklan // Theriogenology. - 2004. V. 61. - N. 5. - P. 947-962. doi: 10.1016/j.theriogenology.2003.07.014.
16. Chinarov, R.Yu. Dynamics of the content of reproductive hormones in the blood of donor heifers of the Istoben breed at conducting consecutive OPU sessions / R.Yu. Chinarov, V.A. Lukanina, O.S. Mityashova, G.N. Singina, I.Yu. Lebedeva // Veterinaria i kormlenie. - 2024. - No. 4. - P. 108-113. doi: 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2024-4-23.
17. Nekrasov, R.V. Norms of nutritional requirements of dairy cattle and pigs: Monograph / Ed. R.V. Nekrasova, A.V. Golovina, E.A. Makhaeva // Moscow, 2018, 290 p.
18. Chinarov, R.Yu. Efficiency of Ovum Pick-Up in cows of Tagil breed / Chinarov R.Yu, Lukanina V.A., Singina G.N. // Veterinaria i kormlenie. - 2024. - No. 1. - P. 89-94. doi: 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2024-1-19.
19. Singina, G.N. Effect of the number of repeated OPU procedures on the efficiency of in vitro embryo production of Yaroslavl breed of cattle / G.N. Singina, R.Yu. Chinarov, V.A. Lukanina // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. - 2023. - Vol. 37. - No. 11. - P. 59-64. doi: 10.53859/02352451_2023_37_11_59.

Пресс-релиз/ Press-release

Угроза распространения ящура

Россельхознадзор сообщает об угрозе распространения ящура на территории Европейского союза и вводит запрет на ввоз животноводческой продукции.

Россельхознадзор сообщает об угрозе распространения ящура и, исходя из принципа предосторожности и с целью профилактики заноса возбудителя, приостанавливает с 20 января 2025 г. сертификацию всех восприимчивых к ящуру животных и всей подконтрольной государственному ветеринарному надзору продукции, полученной от этих животных, перемещаемых с территории Европейского союза в Россию, в том числе транзита таких товаров по российской территории в третьи страны.

Россельхознадзор, оценивая результаты Национальной референс-лаборатории и референс-лаборатории ЕС по ящуру в Германии, считает недостаточными меры, принятые Европейской комиссией в части введенных ограничений на перемещение животноводческой продукции.

Германия официально 9 января 2025 г. уведомила Всемирную организацию здоровья животных (ВОЗЖ) о регистрации первой за последние 37 лет вспышки ящура в стране. Заболевание обнаружили на небольшой ферме Бранденбурга в районе Меркиш-Одерланд, где содержали водяных буйволов. В результате Решением Европейской комиссии были введены карантинные зоны радиусом около 10 км вокруг фермы с ящуром.

Россельхознадзор считает, что одной из причин появления ящура является бесконтрольное движение живого скота и животноводческой продукции через Украину по территории Европейского союза. Наиболее вероятным путем его возникновения является маршрут Турция - Украина - Польша - Германия. Кроме того, исследования Национальной референс-лаборатории и референс-лаборатории ЕС подтверди-

ли, что вирус относится к серотипу О ящура, ближайшая последовательность которого была обнаружена в Турции в декабре 2024 года.

Эпизоотия будет иметь широкое распространение. В настоящее время создана угроза для территории Украины, Чехии, Польши, Болгарии, Румынии, Словакии и Нидерландов.

По данным СМИ, временные ограничения в отношении Германии из-за ящура ввели: Австралия, Аргентина, Белоруссия, Великобритания, Казахстан, Канада, Мексика, Намибия, Россия, Уругвай и Южная Корея. Внутри Евросоюза контроль ужесточен Бельгией, Ирландией, Нидерландами и Польшей.

Стоит заметить, что по схожему сценарию происходило распространение вируса чумы мелких жвачных животных в странах Евросоюза (в т. ч. Румынии). Самый восточный очаг чумы мелких жвачных был зарегистрирован в уезде Тулча в Румынии, который напрямую граничит с Измаильским районом Одесской области Украины. Это вызывает крайнюю озабоченность ввиду фактического отсутствия ветеринарной службы на территории Украины и с учетом ранее размещенной информации в европейских и украинских СМИ о раскрытии крупных мошеннических схем по контрабанде различных грузов, в том числе сельскохозяйственной продукции, а также незаконной миграции, действовавших в морском порту Одессы.

Вместе с тем, по информации СМИ, на территорию Нидерландов ввозилось 3,6 тыс. телят из Германии, где в январе 2025 года была зафиксирована вспышка ящура. В этой связи Россельхознадзор запросил информацию о мерах, принимаемых ветеринарной службой Нидерландов для недопущения заноса и распространения ящура по территории Голландии.

По материалам Россельхознадзора

Возможности для развития АПК в условиях снижения рентабельности

Аграрии подвели итоги 2024 года и обсудили возможности для развития АПК в условиях снижения рентабельности и возможностей для инвестиций на конференции "Агрохолдинги России - 2024"

11 декабря в Москве в отеле "Hilton Moscow Ленинградская" прошла XXIV конференция проекта "Агроинвестор" об инвестициях в АПК - "Агрохолдинги России - 2024". Главной темой крупнейшего отраслевого мероприятия стало развитие АПК в условиях снижения рентабельности и возможностей для инвестиций.

Стартовую сессию, посвященную экономике производства, открыли выступления вице-президента Газпромбанка Дарьи Снитко и управляющего директора департамента крупного бизнеса Россельхозбанка Ильи Шумова. Выбор первых двух спикеров был неслучаен: собравшихся в зале ведущих игроков агробизнеса, инвесторов, поставщиков трейдерских, юридических и IT-услуг, ключевых аналитиков и экспертов интересовал вопрос развития АПК в условиях высокой ключевой ставки и взгляд банков на сложившуюся ситуацию. Как рассказала Дарья Снитко, если в 2022-2024 годах источником финансирования расходов бюджета, в том числе на АПК, выступали ФНБ и рост госдолга, то в 2025-м финансирование станет преимущественно за счет повышения налогов, а потому "ресурсов агроотрасль будет получать меньше, чем хотелось бы".

По мнению Ильи Шумова, высокая ключевая ставка разнонаправленно повлияла на сделки M&A и кроме очевидного негативного воздействия, оказала и позитивное, поскольку привела к увеличению числа сделок, поскольку многие компании с высокой долговой нагрузкой стали более адекватно подходить к определению стоимости бизнеса. В 2025 году Шумов прогнозирует дальнейшую консолидацию рынка крупнейшими агрохолдингами и рост сделок M&A в растениеводстве в связи со снижением маржинальности и повышением ключевой ставки.

На конференции так же выступили первый заместитель



гендиректора по экономике и финансам ГК "Дамате" Станислав Варич, директор "Яков и Партнеры" Алексей Клецко, руководитель направления по оказанию услуг в области АПК компании "Б1" Андрей Буханцов, гендиректор "АЕОН Агро" Кирилл Ершов и другие.



«Медицинский врач лечит человека,
ветеринарный – оберегает человечество»
Сергей Степанович Евсеенко (1850-1915)



ТРИСУЛЬФОН®

сульфамонетоксин и триметоприм

Порошок для орального применения
Суспензия для орального применения

УДАРНАЯ ДВОЙКА



- Комбинация сульфамонетоксина, потенцированного триметопримом
- Широкий спектр антибактериального действия и противокочидийная активность
- Суспензия особенно удобна для медикации через питьевую воду, порошок разрешен для внесения в воду и корм

на правах рекламы

Состав. Трисульфон® суспензия для орального применения содержит в 100 мл в качестве действующих веществ 40 г сульфамонетоксина в форме натриевой соли и 8 г триметоприма. Трисульфон® порошок содержит в 1 г в качестве действующих веществ 40 мг сульфамонетоксина в форме натриевой соли и 20 мг триметоприма. **Форма выпуска.** Трисульфон® порошок – пакеты из ламинированной фольги по 1 кг. **Срок годности.** 3 года с даты изготовления. После вскрытия упаковки Трисульфон® суспензию для орального применения следует использовать в течение 6 месяцев, Трисульфон® порошок – в течение 30 дней. **Показания к применению.** Трисульфон® суспензию для орального применения и Трисульфон® порошок применяют молодняку крупного рогатого скота при колисептицемии, сальмонеллезе, пастереллезе, бронхопневмонии, абсцессах, вызванных стафилококками, полиартритах, вызванных стрептококками; свиньям – при колибактериозе, атрофическом рините, сальмонеллезе, пастереллезе, гемифилезной плевропневмонии. Трисульфон® суспензию для орального применения применяют цыплятам-бройлерам и ремонтному молодняку птиц при пастереллезе, колибактериозе, сальмонеллезе, стафилококкозе, кокцидиозе. Трисульфон® порошок применяют птице при пастереллезе, колибактериозе, сальмонеллезе, стафилококкозе; кроликам – при пастереллезе, стафилококкозе, колибактериозе, сальмонеллезе. **Способ применения и дозы.** Трисульфон® суспензию для орального применения применяют животным перорально индивидуально или групповым способом в следующих дозах: *молодняку крупного рогатого скота и свиньям* применяют с водой для поения в суточной дозе 1-2 мл препарата на 32 кг массы тела животного (про-

должительность лечения – 5 дней); *цыплятам-бройлерам и ремонтному молодняку птиц* лекарственное средство дают с водой для поения – при кокцидиозе 100 мл Трисульфона® суспензии для орального применения на 100 л воды в течение 3-5 дней, при других заболеваниях – 1 мл препарата на 32 кг массы тела животных в течение 5 дней. Трисульфон® порошок *телятам, козлятам, ягнятам, свиньям* применяют перорально в смеси с кормом в суточной дозе 10 г препарата на 40 кг массы тела животного. *Птице и кроликам* Трисульфона® порошок дают с питьевой водой в следующих суточных дозах: птице – 200 г Трисульфона® порошка на 100 л воды, кроликам – 8 г Трисульфона® порошка на 1 л воды. При групповом способе применения с питьевой водой животные должны получать только воду, содержащую лекарственный препарат. **Побочные явления,** за исключением случаев индивидуальной повышенной чувствительности к компонентам лекарственного препарата, не выявлены. Убой молодняку крупного рогатого скота и свиней на мясо разрешается не ранее чем через 8 суток после последнего введения Трисульфон® суспензии для орального применения, цыплят-бройлеров и ремонтного молодняку птицы – не ранее чем через 7 суток. После последнего введения Трисульфон® порошка убой животных и птицы на мясо разрешается не ранее чем через 10 суток.

11/2024, Россия, RU-2024-185.

Заказчик размещения рекламы ООО «КРКА ФАРМА»

125212, г. Москва, Головинское шоссе, дом 5, корпус 1.

Тел.: (495) 981 1095, факс: (495) 981 1091. E-mail: info.ru@krka.ru, www.krka.ru

Для специалистов в области ветеринарии, осуществляющих фармацевтическую деятельность (фармацевтических работников в области ветеринарии)

www.krka.ru

KRKA

CONTENTS

- 4 The current bovine leukemia spread situation in the Russian Federation
Donnik I.M., Petropavlovskiy M.V., Gulyukin M.I., Krivonos R.A., Chernykh O.Yu., Palagin S.Yu.
- 9 Postantibiotic SOS response states in *E. coli* intestinal microbiocenoses and their possible consequences (review)
Afonyushkin V.N., Kilp A.S., Donchenko A.S., Sumarokova A.D.
- 16 Isolation and study of the basic properties of *Pseudomonas syringae* bacteriophages
Bekkaliyeva A.K., Bogdanov I.I.
- 20 Detection of inhibitor residues in milk
Blyumskaya S.N., Naumov M.M.
- 23 The influence of morpho-anthropogenic indicators on the risk of damage to the musculoskeletal system and the working qualities of dogs
Goncharova D.A., Slesarenko N.A.
- 30 Patterns of Lead Accumulation and Distribution in Organs and Tissues of Sheep at Chronic Dietary Intake at Various Concentrations
Gubareva O.S., Isamov N.N., Tsygvintsev P.N., Mirzoev E.B.
- 34 Comparative evaluation of some stimulants used in bee feeding
Eremia N.G., Jereghi V.V., Kataraga I.V., Macaev F.Z.
- 38 Correction of metabolic processes of sports horses during intensive racetrack training
Eryzhenskaya N.F.
- 43 Meat productivity and beef quality of Aberdeen-Angus bulls at different levels of estradiol in blood serum
Zavyalov O.A., Frolov A.N., Kharlamov A.V., Platonov S.A., Kurilkin Ya.Ya.
- 48 Possibilities of MMSC secretome application for osteorepair stimulation: an experimental study
Kuznetsova M.A., Borhunova E.N., Stepanishin V.V., Pozyabin S.V.
- 54 The effect of biologically active supplementes on the life expectancy and physiological condition of bees
Kuzmin A.A., Mazina G.S., Yildirim E.A.
- 58 Current issues of chronic cattle infections, improvement of allergens and diagnostic methods
Naymanov A.Kh., Iskandarov M.I., Fedorov A.I., Iskandarova S.S., Vangeli E.P., Tolstenko N.G.
- 63 The effect of 3-dimethylaminopropylamide myristic acid on the gut microbiome of chickens
Svyatogorova A.E., Zubenko A.A., Fetisov L.N., Chekrysheva V.V., Klimenko A.I.
- 68 Evaluation of the morpho-biochemical and antioxidant statuses of the blood of replacement heifers when feeding them a coniferous mineral supplement
Tereshchenko V.A., Lyubimova Yu.G., Ivanov E.A.
- 74 Physiological features of *Felis catus* sperm of Russian breeding in different seasons of the year
A.V. Tkachev, A.V. Petryaeva, O.L. Tkacheva
- 78 Peste des petits ruminants, the spread in the Middle East and its economic significance
Yazid Khatib, Rudenko P.A.
- 84 Efficiency of a new drug for increasing the natural resistance of animals
Chekrysheva V.V., Vasilenko V.N.
- 87 Estradiol to oocyte ratio as predictor of OPU efficiency in donor heifers of Istoben breed
Chinarov R.Yu., Lukanina V.A., Mityashova O.S., Lebedeva I.Yu., Singina G.N.