

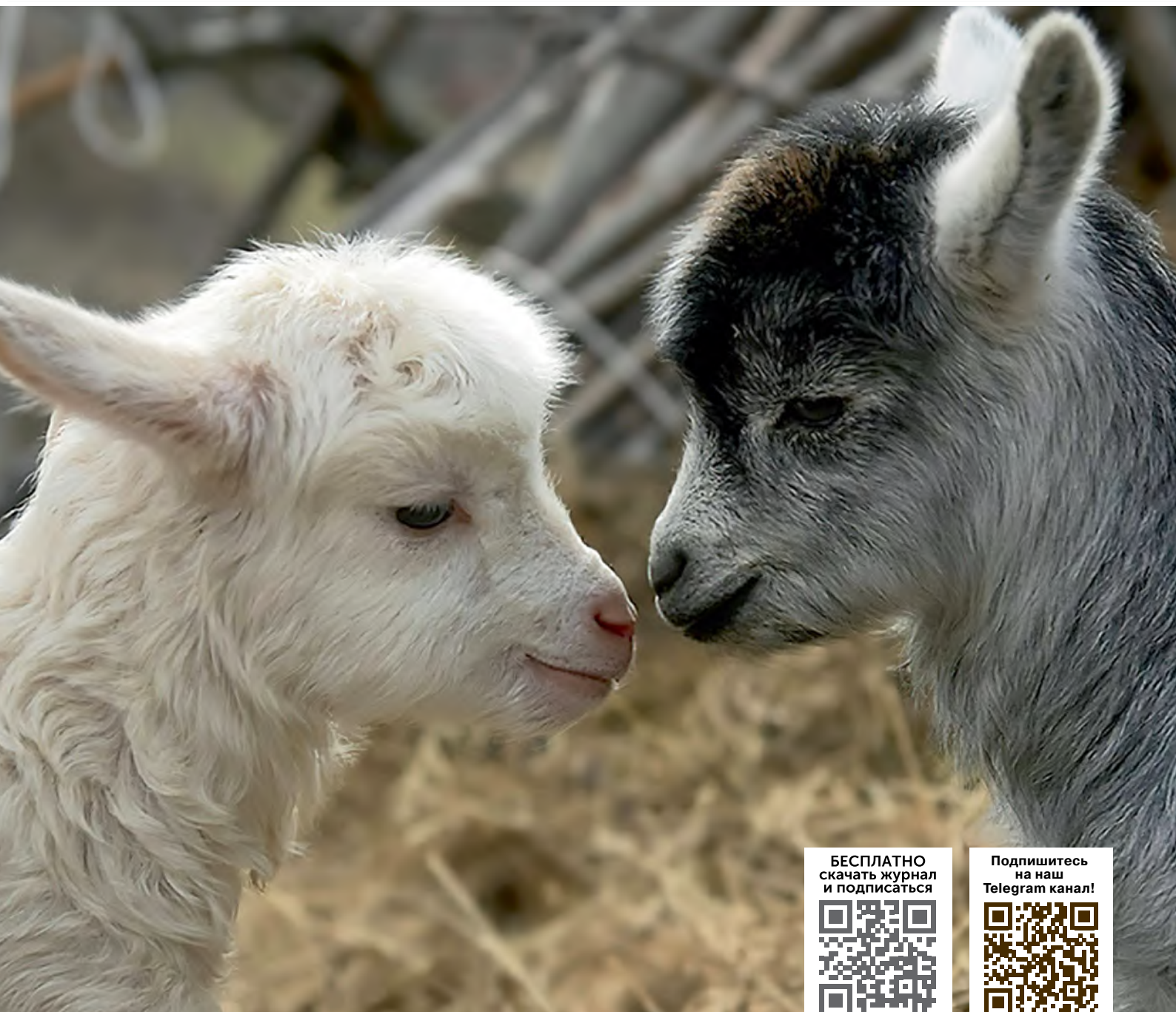
научно-теоретический и производственный журнал

АГРАРНАЯ НАУКА

AGRARIAN
SCIENCE

ISSN 0869-8155 (print)
ISSN 2686-701X (online)

1
2024



БЕСПЛАТНО
скачать журнал
и подписаться



Подпишитесь
на наш
Telegram канал!



ТРЕНДЫ

В России существенно снижена доля незаконного оборота молочной продукции

12

ЗООТЕХНИЯ

Антиоксидантная активность козьего молока с вариантами множественной регрессионной модели

81

АГРОНОМИЯ

Изменение гумусного состояния чернозема типичного при различных способах обработки почвы

92

Agros 2024 expo

МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПРОФЕССИОНАЛОВ АПК

Молочное и мясное животноводство | Племенное дело
Птицеводство | Свиноводство | Корма | Ветеринария
Полевое кормопроизводство | Кормозаготовка
Комбикормовая промышленность | Хранение зерна

24-26 ЯНВАРЯ | МОСКВА | КРОКУС ЭКСПО

ВЕДУЩИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ И МИРОВЫЕ ПРОИЗВОДИТЕЛИ И ПОСТАВЩИКИ:

- СОВРЕМЕННАЯ ГЕНЕТИКА
- КОРМА, КОРМОВЫЕ ДОБАВКИ, ПРЕМИКСЫ
- ВЕТЕРИНАРНЫЕ ПРЕПАРАТЫ И ИНСТРУМЕНТЫ
- ТЕХНИКА, ОБОРУДОВАНИЕ, ТЕХНОЛОГИИ

НАСЫЩЕННАЯ ДЕЛОВАЯ ПРОГРАММА – СВЫШЕ 350 ЛУЧШИХ СПИКЕРОВ:

- БОЛЕЕ 60 КОНФЕРЕНЦИЙ, СЕМИНАРОВ, КРУГЛЫХ СТОЛОВ
- ВСЕГДА АКТУАЛЬНЫЙ, ПОЛЕЗНЫЙ КОНТЕНТ БЕЗ РЕКЛАМЫ
- ВСЕРОССИЙСКИЕ СЪЕЗДЫ И СОВЕЩАНИЯ
- ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ФОРУМ ФЕРМЕРОВ – ЗИМНЯЯ ТОЧКА
ПРЯЖЕНИЯ ФЕРМЕРСКОГО СООБЩЕСТВА



«Такие мероприятия очень важны. Я стараюсь принимать участие, когда темы заявляются серьезные. Не какие-то местечковые, а касающиеся нашей страны».

Дмитрий Матвеев, Президент ГК «Кабош»

СОВМЕСТНО С

Картофель и Овощи
2024 агротехэкспо

600+ КОМПАНИЙ
17000+ ПОСЕТИТЕЛЕЙ
60+ МЕРОПРИЯТИЙ
350+ СПИКЕРОВ



Генеральный
партнер выставки



Партнёр раздела "Ветеринарные препараты,
инструменты и оборудование"



Партнёр раздела
"Кормовые решения"



Организатор: ООО «Агрос Экспо»

Тел./WhatsApp: +7 (495) 128 29 59

E-Mail: agros@agros-expo.com



Отдел продаж в г. Алексеевке

Тел.: +7 (47234) 4-59-62

E-mail: orpmsd@efko.ru

Отдел продаж в г. Воронеже

E-mail: orpmsd@efko.ru

**Отдел по развитию продаж
в г. Воронеже**

E-mail: orpmsd@efko.ru

**ПРИГЛАШАЕМ
НА НАШ СТЕНД
МОСКВА | 24-26 ЯНВАРЯ
ЗАЛ №15, ПАВИЛЬОН №3**

**ПРОДАЖА
ПРОДУКТОВ
ПЕРЕРАБОТКИ
МАСЛИЧНЫХ,
ЭКСПОРТ**

Agros
2024 expo

РЕКЛАМА. ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР - ООО «КРЦ «ЭФКО-КАСКАД»



1 · 2024

Agrarnaya nauka

Том 378, № 1, 2024

Volume 378, № 1, 2024

ISSN 0869-8155 (print)

ISSN 2686-701X (online)

© журнал «Аграрная наука»

© авторы

DOI журнала 10.32634/0869-8155

Журнал «Аграрная наука» решением ВАК Министерства образования и науки Российской Федерации включен в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук. Распоряжение Минобрнауки России от 12 февраля 2019 г. № 21-р

Журнал «Аграрная наука» включен в базу данных AGRIS (Agricultural Research Information System) — Международную информационную систему по сельскому хозяйству и смежным с ним отраслям.

Журнал «Аграрная наука» включен в систему Российского индекса научного цитирования (РИНЦ). Полные тексты статей доступны на сайте eLIBRARY.RU: <http://elibrary.ru>

Учредитель: Общество с ограниченной ответственностью «ВИК — здоровье животных»

Шеф-редактор Костромичева И.В.

Научный редактор Долгая М.Н.

Дизайн и верстка Антонов С.Н.

Корректор Кузнецова Г.М.

Библиограф Нерозник Д.С.

Журналист Седова Ю.Г.

Юридический адрес: 107053, РФ, г. Москва,

ул. Садовая-Спасская, д. 20

Почтовый адрес: 109147, РФ, г. Москва,

ул. Марксистская, д. 3, стр. 2

Тел. редакции +7 (968) 934-91-42

agrovetpress@inbox.ru

www.vetpress.ru

<https://agranayanauka.ru>

Реклама в журнале: +7 (927) 155-08-10

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций. Свидетельство ПИ № ФС 77-76484 от 02 августа 2019 года.

На журнал можно подписаться в любом отделении «Почты России».

Подписка — с любого очередного месяца по каталогу агентства «Роспечать» во всех отделениях связи России и СНГ.

Подписной индекс издания: 71756 (годовой); 70126 (полугодовой).

По каталогу ОК «Почта России» подписной индекс издания: 42307.

Подписной индекс «УралПресс».

Подписку на электронные копии журнала «Аграрная наука», а также на отдельные статьи вы можете оформить на сайте Научной электронной библиотеки (НЭБ) — www.elibrary.ru

Свободная цена.

Тираж 5000 экземпляров.

Подписано в печать 15.01.2024

Дата выхода в свет 25.01.2024

Отпечатано в типографии ООО «Объединенный полиграфический комплекс»:

115114, г. Москва, Дербеневская наб.,

д. 7, стр. 2, эт. 2, пом. I, к. 3-4.

Тел. +7 (499) 130-60-19,

info@opk.bz, <https://opk.bz>

АГРАРНАЯ НАУКА

AGRARIAN SCIENCE

Ежемесячный научно-теоретический и производственный журнал выходит один раз в месяц.

В октябре 1956 г. был основан журнал «Вестник сельскохозяйственной науки», а в 1992 г. он стал называться «Аграрная наука».

Издатель:

Автономная некоммерческая организация «Редакция журнала «Аграрная наука» 107053, Россия, г. Москва, ул. Садовая-Спасская, д. 20

Главный редактор:

Виолин Борис Викторович, кандидат ветеринарных наук, Всероссийский научно-исследовательский институт ветеринарной санитарии, гигиены и экологии — филиал Федерального научного центра — «Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии им. К.И. Скрябина и Я.Р. Коваленко Российской академии наук», г. Москва, Россия

Редколлегия:

ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ

Аббас Рао Захид, доктор, доцент, Сельскохозяйственный университет Фейсалабад, Фейсалабад, Пакистан.

Абилов А.И., доктор биологических наук, профессор, Федеральный научный центр животноводства — ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста, пос. Дубровицы, Московская обл., Россия.

Алиев А.Ю., доктор ветеринарных наук, Прикаспийский зональный научно-исследовательский ветеринарный институт, г. Махачкала, Россия.

Ансори Ариф Нур Мухаммад, доктор ветеринарных наук, Университет Эйрланга, Сурабая, Индонезия.

Андреева А.В., доктор биологических наук, профессор, Башкирский государственный аграрный университет, г. Уфа, Россия.

Баймуканов Д.А., доктор сельскохозяйственных наук, доцент, член-корреспондент Национальной академии наук Республики Казахстан, Казахский научно-исследовательский институт животноводства и кормопроизводства, г. Алматы, Казахстан.

Василевич Ф.И., доктор ветеринарных наук, профессор, академик РАН, Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии — МВА им. К.И. Скрябина, г. Москва, Россия.

Горелик О.В., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Уральский государственный аграрный университет, г. Екатеринбург, Россия.

Гриценко С.А., доктор биологических наук, доцент, Южно-Уральский государственный аграрный университет, г. Троицк, Россия.

Дахели Маджид Джаванмард, доктор ветеринарной медицины, Иранская научно-исследовательская организация по науке и технологиям, г. Тегеран, Иран

Дерхо М.А., доктор биологических наук, профессор, Южно-Уральский государственный аграрный университет, г. Троицк, Россия.

Зайц Йосеф, доктор ветеринарных наук, Университет ветеринарии и фармацевтики в Брно, г. Брно, Чехия.

Карынбаев А.К., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Таразский региональный университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан.

Концевая С.Ю., доктор ветеринарных наук, профессор, Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия.

Косилов В.И., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Оренбургский государственный аграрный университет, г. Оренбург, Россия.

Кушалиев К.Ж., доктор ветеринарных наук, профессор, Западно-Казахстанский аграрно-технический университет им. Жангир хана, г. Уральск, Казахстан.

Лоретц О.Г., доктор биологических наук, профессор, Уральский государственный аграрный университет, г. Екатеринбург, Россия.

Лысенко Ю.А., доктор биологических наук, доцент, Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина, г. Краснодар, Россия.

Миколайчик И.Н., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т.С. Мальцева — филиал Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Курганский государственный университет», г. Курган, Россия.

Миронова И.В., доктор биологических наук, профессор, Башкирский государственный аграрный университет, г. Уфа, Россия.

Морозова Л.А., доктор биологических наук, профессор, Курганский государственный университет, г. Курган, Россия.

Некрасов Р.В., доктор сельскохозяйственных наук, профессор РАН, Федеральный исследовательский центр животноводства — ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста, пос. Дубровицы, г. Подольск, Московская обл., Россия.

Омбаев А.М., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, иностранный член РАН, Казахский научно-исследовательский институт животноводства и кормопроизводства, г. Алматы, Казахстан.

Панин А.Н., доктор ветеринарных наук, профессор, академик РАН, Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ), г. Москва, Россия.

Подобед Л.И., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Институт животноводства Национальной академии аграрных наук Украины, г. Харьков, Украина.

Позябин С.В., доктор ветеринарных наук, профессор, Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии — МВА им. К.И. Скрябина, г. Москва, Россия.

Радчиков В.Ф., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству, г. Жодино, Беларусь.

Ребезов М.Б., доктор сельскохозяйственных наук, кандидат ветеринарных наук, профессор, Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова Российской академии наук, г. Москва, Россия.

К основным целям издания относятся: продвижение российской и мировой аграрной науки, содействие прогрессивным разработкам и развитию инновационных технологий, формирование теоретических основ для производителей сельскохозяйственной продукции, поддержка молодых ученых, освещение и популяризация передовых научных исследований.

Научная концепция издания предполагает публикацию современных достижений в аграрной сфере, результатов ключевых национальных и международных исследований. К публикации приглашаются как отечественные, так и зарубежные авторы.

Журнал «Аграрная наука» способствует обобщению практических достижений в области сельского хозяйства, повышению научной и практической квалификации исследователей и практиков данной отрасли.

При перепечатке материалов ссылка на журнал обязательна. Мнение редакции может не совпадать с точкой зрения авторов публикуемых материалов. Ответственность за содержание рекламы несут рекламодатели.

16+

Толуприя Л.Ю., доктор биологических наук, профессор, Оренбургский государственный аграрный университет, г. Оренбург, Россия.

Уша Б.В., доктор ветеринарных наук, профессор, академик РАН, Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ), г. Москва, Россия.

Фисинин В.И., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН, Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства Российской академии наук, г. Сергиев Посад, Россия.

Херремов Ш.Р., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Союз промышленников и предпринимателей Туркменистана, г. Ашхабад, Туркменистан.

Щербаков П.Н., доктор ветеринарных наук, доцент, Южно-Уральский государственный аграрный университет, г. Троицк, Россия.

Юлдашбаев Ю.А., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН, Российский государственный аграрный университет — МСХА им. К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия.

Ятусевич А.И., доктор ветеринарных наук, профессор, академик РАН, Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины, г. Витебск, Беларусь.

АГРОНОМИЯ

Бунин М.С., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Центральная научная сельскохозяйственная библиотека, г. Москва, Россия.

Годсвилл Нтсэмбо Нтсефонг, PhD, Университет Яунде I, г. Яунде, Камерун.

Гричанов И.Я., доктор биологических наук, доцент, Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, г. Пушкин, Россия.

Джалилов Ф.С., доктор биологических наук, профессор, Российский государственный аграрный университет — МСХА им. К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия.

Джурраев М.Я., PhD, доцент, Андижанский институт сельского хозяйства и агротехнологий, г. Андижан, Узбекистан.

Долженко Т.В., доктор биологических наук, доцент, Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, г. Пушкин, г. Санкт-Петербург, Россия.

Драгавцева И.А., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства и виноделия, г. Краснодар, Россия.

Зейналов А.С., доктор биологических наук, Федеральный научный селекционно-технологический центр садоводства и питомниководства, г. Москва, Россия.

Исламгулов Д.Р., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Башкирский государственный аграрный университет, г. Уфа, Россия.

Казахмедов Р.Э., доктор биологических наук, Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия, г. Дербент, Россия.

Калмыкова Е.В., доктор сельскохозяйственных наук, доцент, Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук, г. Волгоград, Россия.

Насиев Б.Н., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, член-корреспондент Национальной академии наук Республики Казахстан, Западно-Казахстанский аграрно-технический университет им. Жангир хана, г. Уральск, Казахстан.

Никитин С.Н., доктор сельскохозяйственных наук, Ульяновский научно-исследовательский институт сельского хозяйства им. Н.С. Немцева, г. Ульяновск, Россия.

Тирувенгадам Мутху, PhD, Университет Конкук, г. Сеул, Южная Корея.

АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Афрасьяб Хан, доктор гидромеханики и гидротехники, Университет Кебангсаан Малайзия, г. Банги, Малайзия.

Бабич О.О., доктор технических наук, доцент, Балтийский федеральный университет им. Иммануила Канта, г. Калининград, Россия.

Дарвиш Амира М. Галал, PhD, доцент Научно-исследовательского института возделывания засушливых земель (ALCRI), Город научных исследований и технологических приложений (SRTA-City), г. Александрия, Египет.

Дидманидзе О.Н., доктор технических наук, профессор, академик РАН, Российский государственный аграрный университет — МСХА им. К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия.

Зенгин Гохан, PhD, профессор, Сельчукский университет, г. Сельчук-Конья, Турция.

Иванов Ю.Г., доктор технических наук, профессор, Российский государственный аграрный университет — МСХА им. К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия.

Ишевский А.Л., доктор технических наук, профессор, Национальный исследовательский университет ИТМО, г. Санкт-Петербург, Россия.

Кребс Каролина де Соуза, PhD, Региональный университет Блюменау, г. Блюменау, Бразилия.

Кузнецова Е.А., доктор технических наук, доцент, Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева, г. Орел, Россия.

Максимова С.Н., доктор технических наук, профессор, Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, г. Владивосток, Россия.

Мамедов Г.Б., доктор технических наук, профессор, Азербайджанский государственный аграрный университет, г. Гянджа, Азербайджан.

Моника Миронеску, доктор технических наук, профессор, Университет Лучиана Блага в Сибиу, г. Сибиу, Румыния.

Саркар Танмай, PhD, Политехнический институт Мальды, г. Мальда, Индия.

Смауи Слим, PhD, Университет Сфакса, г. Сфакс, Тунис.

Суйчинов А.К., PhD, Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности, г. Алматы, Казахстан.

Третьяк Л.Н., доктор технических наук, доцент, Оренбургский государственный университет, г. Оренбург, Россия.

Трояновская И.П., доктор технических наук, профессор, Южно-Уральский государственный аграрный университет, г. Троицк, Россия.

Фавзи М. Махомулалли, PhD, профессор, Маврикийский университет, г. Редут, Маврикий.

Хан Мухаммад Усман, PhD, Сельскохозяйственный университет Фейсалабада, г. Фейсалабад, Пакистан.

Хатко З.Н., доктор технических наук, доцент, Майкопский государственный технологический университет, г. Майкоп, Россия.

Чернопольская Н.Л., доктор технических наук, доцент, Омский государственный аграрный университет им. П. А. Столыпина, г. Омск, Россия.

Шехата Мохамед Гамаль Мохамед, PhD, доцент, Исследовательский институт возделывания засушливых земель (ALCRI), Город научных исследований и технологических приложений (SRTA City), г. Каир, Египет.

Эль-Сохайми Собхи Ахмед, PhD, профессор пищевой биохимии, Город научных исследований и технологических приложений, г. Александрия, Египет.

РЕГИОНАЛЬНАЯ И ОТРАСЛЕВАЯ ЭКОНОМИКА

Алещенко В.В., доктор экономических наук, Институт экономики и организации промышленного производства, г. Новосибирск, Россия.

Баутин В.М., доктор экономических наук, профессор, академик РАН, Российский государственный аграрный университет — МСХА им. К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия.

Гордеев А.В., доктор экономических наук, профессор, академик РАН, г. Москва, Россия.

Гусаков В.Г., доктор экономических наук, профессор, академик, Национальная академия наук, г. Минск, Беларусь.

Киреева А.А., кандидат экономических наук, Институт экономики, г. Алматы, Казахстан.

Козьменко В.В., доктор экономических наук, профессор, Северо-Кавказский федеральный университет, г. Ставрополь, Россия.

Попова Е.В., доктор экономических наук, профессор, Кубанский государственный аграрный университет, г. Краснодар, Россия.

Рахметова Р.У., доктор экономических наук, профессор, университет Туран, г. Астана, Казахстан.

1 · 2024

Agrarnaya nauka

Том 378, № 1, 2024

Volume 378, № 1, 2024

ISSN 0869-8155 (print)

ISSN 2686-701X (online)

© journal «Agrarian science»

© authors

DOI журнала 10.32634/0869-8155

The journal is included in the list of leading scientific journals and editions peer-reviewed by Higher Attestation Commission (directive of the Ministry of Education and Science № 21-p by 12 February 2019), in the AGRIS database (Agricultural Research Information System) and in the system of Russian index of scientific citing (RSCI).

Full version is available by the link <http://elibrary.ru>

The journal is a member of the Association of science editors and publishers. Each article is assigned a number Digital Object Identifier (DOI).

**Founder: Limited liability company
“VIC Animal Health”**

Senior editor Kostromicheva I.V.

Executive editor Dolgaya M.N.

Design and layout Antonov S.N.

Proofreader Kuznetsova G.M.

Bibliographer Neroznik D.S.

Journalist Sedova Yu.G.

Legal address: 107053, Russian Federation, Moscow, Sadovaya Spasskaya, 20

Postal address: 109147, Russian Federation, Moscow, 3 Marxistskaya Str., 2 building

Editorial phone +7 (968) 934-91-42
agrovetpress@inbox.ru

Websites: www.vetpress.ru
<https://agrarnayanauka.ru>

Advertising: +7 (927) 155-08-10

The journal is registered by the Federal Service for Supervision of Communications, Information Technology and Mass Media Certificate PI No. FS 77-76484 dated August 02, 2019. You can subscribe to the journal at any post office.

Subscription is available from next month according to the Rospechat Agency catalog at all post offices in Russia and the CIS. Subscription index of the journal: 71756 (annual); 70126 (semi-annual). According to the catalog of “Russian Post” subscription index is 42307.

You can also subscribe to electronic copies of the journal “Agrarian Science” as well as to particular articles via the website of the Scientific Electronic Library — www.elibrary.ru Free price.

The circulation of 5000 copies.

Signed in print 15.01.2024
Release date 25.01.2024

The journal is printed in the printing house of United Printing Complex LLC:
7, building 2, fl. 2, room I, Derbenevskaya
embankment, Moscow 115114.
Tel. +7 (499) 130-60-19,
nfo@opk.bz, <https://opk.bz>

АГРАРНАЯ НАУКА AGRARIAN SCIENCE

Scientific-theoretical and production journal coming out once a month.

The journal is edited since October 1956, first under the name “Agricultural science’s bulletin”. Since 1992 the journal is named “Agrarian science”.

Publisher:

Autonomous non-commercial organisation “Agrarian science” edition”
107053, Russia, Moscow, st. Sadovaya-Spasskaya, 20.

Editor-in-chief:

Violin B.V., candidate of veterinary science, Leading Researcher of All-Russian Scientific Research Institute for Fundamental and Applied Parasitology of Animals and Plant — a branch of the Federal State Budget Scientific Institution “Federal Scientific Centre VIEV”, Moscow, Russia

Editorial board:

ZOOTECHNICS AND VETERINARY MEDICINE

Abbas Rao Zahid, Dr. Associate Professor, University of Agriculture, Faisalabad, Faisalabad, Pakistan.

Abilov A.I., Doctor of Biological Sciences, Professor, L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry, Dubrovitsy, Podolsk Municipal District, Moscow Region, Russia.

Aliev A.Yu., Doctor of Veterinary Sciences, Caspian Regional Research Veterinary Institute, Makhachkala, Russia.

Andreeva A.V., Doctor of Biological Sciences, Professor, Bashkir State Agrarian University, Ufa, Russia.

Ansori Arif Nur Muhammad, Doctor in Veterinary Science, Universitas Airlangga, Surabaya, Indonesia.

Baimukanov D.A., Doctor of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Kazakh Research Institute of Animal Husbandry and Feed Production, Corresponding member of National Academy of Sciences, Almaty, Kazakhstan.

Vasilevich F.I., Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Moscow state Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology — MVA by K.I. Skryabin, Moscow, Russia.

Dakheli Majid Javanmard, doctor of Veterinary Medicine, Iranian Research Organization for Science and Technology, Tehran, Iran.

Gorelik O.V., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Ural State Agrarian University, Yekaterinburg, Russia.

Gritsenko S.A., Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, South Ural State Agrarian University, Troitsk, Chelyabinsk Region, Russia.

Derkho M.A., Doctor of Biological Sciences, Professor, South Ural State Agrarian University, Troitsk, Chelyabinsk Region, Russia.

Zaits J., Doctor of Veterinary Sciences, University of Veterinary Medicine and Pharmacy in Brno, Brno, Czech Republic.

Karynbaev A.K., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, M.Kh. Dulaty Taraz Regional University, Taraz, Kazakhstan.

Kontsevaya S.Yu., Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia.

Kosilov V.I., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Orenburg State Agrarian University, Orenburg, Russia.

Kushaliyev K.Zh., Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Zhangir khan West Kazakhstan Agrarian Technical University, Uralsk, Kazakhstan.

Loretts O.G., Doctor of Biological Sciences, Professor, Ural State Agrarian University, Yekaterinburg, Russia.

Lysenko Yu.A., Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, Krasnodar, Russia.

Mikolaichik I.N., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Kurgan State University, Kurgan, Russia.

Mironova I.V., Doctor of Biological Sciences, Professor, Bashkir State Agrarian University, Ufa, Russia.

Morozova L.A., Doctor of Biological Sciences, Professor, Kurgan State University, Kurgan, Russia.

Nekrasov R.V., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry, Dubrovitsy, Podolsk Municipal District, Moscow Region, Russia.

Ombaev A.M., Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Russian Academy of Sciences, Foreign Member of the Russian Academy of Sciences, Kazakh Research Institute of Animal Husbandry and Forage Production, Almaty, Kazakhstan.

Panin A.N., Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Russian Biotechnological University (ROSBIO TECH), Moscow, Russia.

Podobed L.I., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Institute of Animal Husbandry of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Kharkiv, Ukraine.

Pozyabin S.V., Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Moscow state Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology — MVA by K.I. Skryabin, Moscow, Russia.

Radchikov V.F., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Scientific and Practical Center for Animal Husbandry of the National Academy of Sciences of Belarus, Zhodino, Belarus.

Rebezov M.B., Doctor of Agricultural Sciences, Candidate of Veterinary Sciences, Professor, V.M. Gorbатов Federal Scientific Center for Food Systems Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia.

Topuria L.Yu., Doctor of Biological Sciences, Professor, Orenburg State Agrarian University, Orenburg, Russia.

The journal is designed to advance Russian and world agrarian science, promotes innovative technologies’ development. Our main goals consist in supporting young scientists, highlight scientific researches and best agricultural practices.

The scientific concept of the publication involves the publication of modern achievements in the agricultural sector, the results of key national and international studies.

The journal “Agrarian Science” contributes to the generalization of practical achievements in the field of agriculture and improves the scientific and practical qualifications in the area.

Both Russian and foreign authors are invited to publication.

For reprinting of materials the references to the journal are obligatory. The opinions expressed by the authors of published articles may not coincide with those of the editorial team. Advertisers carry responsibility for the content of their advertisements.

Fisinin V.I., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, All-Russian Research and Technological Institute of Poultry Farming of the Russian Academy of Sciences, Sergiev Posad, Russia.

Kherremov Sh.R., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Union of Industrialists and Entrepreneurs of Turkmenistan, Ashgabat, Turkmenistan.

Shcherbakov P.N., Doctor of Veterinary Sciences, Associate Professor, South Ural State Agrarian University, Troitsk, Chelyabinsk region, Russia.

Usha B.V., Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Russian Biotechnological University (ROSBIOTECH), Moscow, Russia.

Yuldashbaev Yu.A., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Russian State Agrarian University — Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Moscow, Russia.

Yatusevich A.I., Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Vitebsk Order of the Badge of Honor State Academy of Veterinary Medicine, Vitebsk, Belarus.

AGRONOMY

Bunin M.S., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Central Scientific Agricultural Library, Moscow, Russia.

Godswill Ntsomboh Ntsefong, PhD, University of Yaoundé I, Yaounde, Cameroon.

Grichanov I.Ya., Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, All-Russian Research Institute of Plant Protection, Pushkin, Russia.

Jalilov F.S., Doctor of Biological Sciences, Professor, Russian State Agrarian University — Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Moscow, Russia.

Juraev M.Ya., PhD, Associate Professor, Andijan Institute of Agriculture and Agrotechnologies, Andijan, Uzbekistan

Dolzhenko T.V., Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Saint-Petersburg state agrarian university, Pushkin, St. Petersburg, Russia.

Dragavtseva I.A., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, North Caucasian Federal Scientific Center for Horticulture, Viticulture and Winemaking, Krasnodar, Russia.

Zeynalov A.S., Doctor of Biological Sciences, Federal Scientific Selection and Technological Center for Horticulture and Nursery, Moscow, Russia.

Islamgulov D.R., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Bashkir State Agrarian University, Ufa, Russia.

Kazakhmedov R.E., Doctor of Biological Sciences, North Caucasian Federal Scientific Center for Horticulture, Viticulture, Winemaking, Derbent, Russia.

Kalmykova E.V., Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Aforestation of the Russian Academy of Sciences, Volgograd, Russia.

Nasiev B.N., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Corresponding Member of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Zhangir khan West Kazakhstan Agrarian Technical University, Ural'sk, Kazakhstan.

Nikitin S.N., Doctor of Agricultural Sciences, Ulyanovsk Research Institute of Agriculture named after N.S. Nemtsev, Ulyanovsk, Russia.

Thiruvengadam Muthu, PhD, Konkuk University, Seoul, South Korea.

AGROENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGIES

Afrasyab Khan, Doctor of Fluid Mechanics and Fluid engineering Machinery, Universiti Kebangsaan Malaysia, Bangi, Malaysia.

Babich O.O., Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia.

Darwish Amira M. Galal, PhD, Associate Professor, Arid Lands Cultivation Research Institute (ALCRI), City of Scientific Research and Technological Applications (SRTA-City), Alexandria, Egypt.

Didmanidze O.N., Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Russian State Agrarian University — Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Moscow, Russia.

Zengin Gokhan, PhD, Professor, Selcuk University, Seljuk-Konya, Turkey.

Ivanov Yu.G., Doctor of Technical Sciences, Professor, Russian State Agrarian University — Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Moscow, Russia.

Ishevsky A.L., Doctor of Technical Sciences, Professor, National Research University ITMO, St. Petersburg, Russia.

Krebs Caroline de Souza, PhD, Blumenau Regional University, Blumenau, Brazil.

Kuznetsova E.A., Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Orel State University named after I.S. Turgenev, Orel, Russia.

Maksimova S.N., Doctor of Technical Sciences, Professor, Far Eastern State Technical Fisheries University, Vladivostok, Russia.

Mammadov G.B., Doctor of Technical Sciences, Professor Azerbaijan State Agrarian University, Ganja, Azerbaijan.

Monica Mironescu, Doctor in Industrial Engineering, Professor Eng., University Lucian Blaga of Sibiu, Sibiu, Romania.

Sarkar Tanmai, PhD, Malda Polytechnic Institute, Malda, India.

El-Sohaimy Sobhy Ahmed, PhD, Professor of Food Biochemistry City of Scientific Research and Technological Applications, Alexandria, Egypt.

Shehata Mohamed Gamal Mohamed, PhD, Associate Professor Arid Lands Cultivation Research Institute (ALCRI) City of Scientific Research and Technological Applications (SRTA City), Cairo, Egypt.

Smaoui Slim, PhD, University of Sfax, Sfax, Tunisia.

Suychinov A.K., PhD, Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry, Almaty, Kazakhstan.

Tretyak L.N., Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Orenburg State University, Orenburg, Russia.

Troyanovskaya I.P., Doctor of Technical Sciences, Professor, South Ural State Agrarian University, Troitsk Chelyabinsk region, Russia.

Khan Muhammad Usman, PhD, Faisalabad Agricultural University, Faisalabad, Pakistan.

Khatko Z.N., Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Maikop State Technological University, Maikop, Russia.

Chernopolskaya N.L., Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin, Omsk, Russia.

Fawzi M. Mahomoodally, PhD, Professor, University of Mauritius, Reduit, Mauritius.

REGIONAL AND SECTORAL ECONOMY

Aleshchenko V.V., Doctor of Economics, Institute of Economics and Organization of Industrial Production, Novosibirsk, Russia.

Bautin V.M., Doctor of Economics, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Russian State Agrarian University — Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Moscow, Russia.

Gordeev A.V., Doctor of Economics, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia.

Gusakov V.G., Doctor of Economics, Professor, Academician of the National Academy of Sciences, Minsk, Belarus.

Kireeva A.A., Candidate of Economic Sciences, Institute of Economics, Almaty, Kazakhstan.

Kuzmenko V.V., Doctor of Economics, Professor, North Caucasian Federal University, Stavropol, Russia.

Popova E.V., Doctor of Economics, Professor, Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia.

Rakhmetova R.U., Doctor of Economics, Professor, University of Turan, Astana, Kazakhstan.

СОДЕРЖАНИЕ

НОВОСТИ..... 10

СОБЫТИЯ ОТРАСЛИ, ТРЕНДЫ, НОВИНКИ

Три вопроса эксперту. Агродроны: дань моде или необходимость?	11	
В России существенно снижена доля незаконного оборота молочной продукции	12	
Технологический суверенитет АПК: подходы, проблемы, решения	14	
Сеяные кормовые травы: Verdana	15	
Современные направления развития государственных предприятий биологической промышленности Российской Федерации	16	
Гуманное обращение с сельскохозяйственными: реалии и перспективы	18	
Лучшие быки-производители помогут усовершенствовать генофонд молочного поголовья	20	
Марбофлоцин® 10% — современный антибиотик для лактирующих коров	22	
Современный российский рынок биологических средств защиты растений: тренды и прогнозы	24	
Галоцен — первый российский препарат от криптоспориоза	26	
Россия выходит на первое место в мире по объемам экспорта подсолнечного масла	28	
Цитокинотерапия в борьбе с некробактериозом крупного рогатого скота	30	
Надежная профилактика инфекционных болезней конечностей, клостридиозов и маститов у овец	32	
Восстановление микрофлоры кишечника у поросят-отъемышей	34	
Цифровые паспорта пищевой продукции и животных на основе блокчейна	36	
Применение блокчейна для учета и мониторинга земельных и водных ресурсов в сельском хозяйстве	38	

ОТ РЕДАКТОРА

Виолин Б.В., Ребезов М.Б. Анализ публикационной активности журнала «Аграрная наука» за 2023 год	40
---	----

ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ

Лемякин А.Д., Сабетова К.Д., Чацкий А.А., Щеголев П.О., Баданина Л.С. Исследование полиморфизма гена тиреоглобулина у коров костромской и черно-пестрой пород Костромской области	52
Иванов Е.В., Капустин А.В., Авдеевская Н.Н. Эффективность вакцинации при остром послеродовом эндометрите коров	60
Колесник Е.А., Дерхо М.А., Ребезов М.Б. Формы дегенерации клеток крови, их физиологическое и клиническое значение, механизмы образования, тени клеток в мазках крови птиц	65
Владимиров Ф.Е., Базаев С.О., Хакимов А.Р., Юрочка С.С. Оценка поведенческих реакций у крупного рогатого скота	75
Воронина О.А., Колесник Н.С., Савина А.А., Рыков Р.А., Зайцев С.Ю. Антиоксидантная активность козьего молока с вариантами множественной регрессионной модели	81
Попов Д.В., Глазко Т.Т., Глазко В.И., Ларина Е.Е., Седлецкая Е.С., Косовский Г.Ю. Анализ взаимосвязи частоты встречаемости эритроцитов с микроядрами, качества семени и показателей воспроизводства при искусственном осеменении лисиц	85

АГРОНОМИЯ

Дубовик Е.В., Дубовик Д.В. Изменение гумусного состояния чернозема типичного при различных способах обработки почвы	92
Гиниятуллин К.Г., Сахабиев И.А., Окунев Р.В., Кадырова Р.Г., Рыжих Л.Ю. Изучение в длительном лабораторном инкубационном эксперименте потенциальной подверженности минерализации органического вещества постагрогенных светло-серых почв	97
Кираев Р.С., Хасанова Р.Ф., Мустафин И.Г. Оценка влияния известкования и удобрений на содержание токсичных элементов в агрочерноземе выщелоченном и накопление в зерне яровой пшеницы	102
Шелихова Е.В., Масленникова В.С., Цветкова В.П., Калмыкова Г.В., Нерсисян С.М., Акулова Н.И., Дубовский И.М. Влияние <i>Bacillus thuringiensis</i> subsp. <i>aizawai</i> на состав почвенной микробиоты и урожайность картофеля	107

АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Беляков М.В. Оптические люминесцентные свойства яиц	114
Казанцев Е.В., Кондратьев Н.Б., Руденко О.С. Повышение сохранности и качества желеино-фруктового мармелада, содержащего подсластители	118

РЕГИОНАЛЬНАЯ И ОТРАСЛЕВАЯ ЭКОНОМИКА

Политова М.А. Состояние и перспективы внешнеэкономической деятельности в коневодстве в 2015–2023 гг.	123
---	-----



ФЕДЕРАЛЬНОЕ КАЗЁННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
**СТАВРОПОЛЬСКАЯ
БИОФАБРИКА**

Эффективные иммунобиологические препараты для сельскохозяйственных животных

**Вакцина против гриппа птиц инактивированная эмульгированная
ФЛУ ПРОТЕКТ Н5**

Профилактика гриппа у всех видов птиц в благополучных,
угрожаемых и неблагополучных племенных, товарных,
фермерских, личных и подсобных хозяйствах.



Качество, подтвержденное референтной лабораторией МЭБ ФГБУ «ВНИИЗЖ».



Реклама



355019, Россия, Ставропольский край, г. Ставрополь,
ул. Биологическая, 18, тел. +7 (8652) 28-76-69, 28-78-12
E-mail: info@stavbio.ru sale@stavbio.ru

ПЕРЕД ПРИМЕНЕНИЕМ ОЗНАКОМЬТЕСЬ С ИНСТРУКЦИЕЙ

CONTENTS

NEWS 10

INDUSTRY EVENTS, TRENDS, NOVELTIES

Three questions for an expert. Agrodrones: a fad or a necessity?	11	
In Russia, the share of illegal trade in dairy products has been significantly reduced	12	
Technological sovereignty of the agro-industrial complex	14	
Seeded forage grasses: Verdana	15	
Modern directions of development of state enterprises of the biological industry of the Russian Federation	16	
Humane treatment of farm animals	18	
The best stud bulls will help improve the gene pool of dairy cattle	20	
Marboflocin® 10% is a modern antibiotic for lactating cows	22	
Modern Russian market of biological plant protection products	24	
Galocene is the first Russian drug against cryptosporidiosis	26	
Russia takes first place in the world in terms of sunflower oil exports	28	
Cytokine therapy in the fight against necrobacteriosis in cattle	30	
Reliable prevention of infectious diseases of the limbs, clostridiosis and mastitis in sheep	32	
Restoration of intestinal microflora in weaned piglets	34	
Digital passports of food products and animals based on blockchain	36	
Application of blockchain for accounting and monitoring of land and water resources in agriculture	38	

EDITOR'S COLUMN

Violin B.V., Rebezov M.B. Analysis of publication activity of the journal «Agrarian Science» for 2023	40
---	----

ZOOTECHNICS AND VETERINARY MEDICINE

Lemyakin A.D., Sabetova K.D., Chaitsky A.A., Shchegolev P.O., Badanina L.S. Research of thyroglobulin gene polymorphism in cows of Kostroma and black-and-white breeds of Kostroma region	52
Ivanov E.V., Kapustin A.V., Avduevskaya N.N. The effectiveness of vaccination in acute postpartum endometritis of cows	60
Kolesnik E.A., Derkho M.A., Rebezov M.B. Forms of degeneration of blood cells, their physiological and clinical significance, mechanisms of formation, shadows of cells in blood smears of birds	65
Vladimirov F.E., Bazaev S.O., Khakimov A.R., Yurochka S.S. Evaluation of behavioral responses in cattle	75
Voronina O.A., Savina A.A., Kolesnik N.S., Rykov R.A., Zaitsev S.Yu. Antioxidant activity of goat's milk and whey with variants of multiple regression model	81
Popov D.V., Glazko T.T., Glazko V.I., Larina E.E., Sedletskaya E.S., Kosovsky G.Yu. Analysis of the relationship between the frequency of erythrocytes with micronuclei, semen quality and reproductive indicators in artificial insemination of foxes	86

AGRONOMY

Dubovik E.V., Dubovik D.V. Change in the humus state of typical chernozem with various methods of tillage	92
Ginijatullin K.G., Sakhabiev I.A., Okunev R.V., Kadyrova R.G., Ryzhikh L.Yu. Study in a long-term laboratory incubation experiment of the potential susceptibility to mineralization of organic matter in post-agrogenic light gray soils	97
Kiraeв R.S., Khasanova R.F., Mustafin I.G. Assessment of the effect of liming and fertilizers on the content of toxic elements in leached agrochernozem and accumulation in spring wheat grain	102
Shelikhova E.V., Maslennikova V.S., Tsvetkova V.P., Kalmykova G.V., Nersesyan S.M., Akulova N.I., Dubovskiy I.M. The effect of <i>Bacillus thuringiensis</i> subsp. <i>aizawai</i> on the composition of soil microbiota and potato yield	107

AGROENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGIES

Belyakov M.V. Optical luminescent properties of eggs	114
Kazantsev E.V., Rudenko O.S., Kondratiev N.B. Improving the safety and quality of jelly-fruit marmalade, recommendations for sweeteners	118

REGIONAL AND SECTORAL ECONOMY

Politova M.A. State and prospects of external economic activity of horse breeding in Russian Federation in 2015–2023	123
--	-----





Федеральное казенное предприятие « Армавирская биологическая фабрика»

ФКП «Армавирская биофабрика» – ведущее предприятие биологической отрасли России, в ассортиментном портфеле которого – широкая линейка химико-фармацевтических, иммунобиологических, диагностических, стимулирующих препаратов для ветеринарии и медицины.

Биофабрика располагает квалифицированными кадрами, современным парком технологического оборудования, комплексом чистых производственных помещений и лабораториями, оснащенными высокоточным контрольно-измерительным оборудованием.

Продукция предприятия соответствует высоким стандартам GMP, а система менеджмента качества сертифицирована на соответствие международному стандарту ISO 9001:2015.

В рамках целевой программы импортозамещения предприятие выпускает вакцину против анаэробных инфекций и пастереллеза КРС «Пастанарм-8», вакцину против анаэробной энтеротоксемии, эшерихиоза, рота- и коронавирусной инфекции телят «Неодиавак».

ФКП «Армавирская биофабрика» поставляет продукцию во все регионы России, страны ближнего и дальнего зарубежья.



352212, Краснодарский край, Новокубанский р-н, пос. Прогресс, ул. Мечникова, д. 11

ФКП «Армавирская биофабрика»

Тел. +7 (861) 952-12-11

arm_bio@mail.kuban.ru, сайт <http://armbio.bio/>, <http://armbio.info/>

В РФ ВРЕМЕННО ОГРАНИЧЕН ЭКСПОРТ ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ

В России вводится временное ограничение на вывоз из страны твердой пшеницы, которое будет действовать по 31.05.2024 включительно, сообщает пресс-служба кабмина. Решение направлено на обеспечение продовольственной безопасности РФ и позволит поддержать стабильную ситуацию с ценами на продукцию из твердой пшеницы на внутреннем рынке.

Указанный документ предусматривает ряд исключений. К ним относится вывоз твердой пшеницы для оказания международной гуманитарной помощи и в рамках международных межправительственных соглашений. Кроме того, разрешен экспорт твердой пшеницы «в качестве припасов».

В сообщении отмечено, что в страны — участницы Евразийского экономического союза (Армению, Белоруссию, Киргизию, Казахстан) — твердую пшеницу разрешено поставлять в пределах установленных распоряжением правительства квот при наличии разрешений, выдаваемых Минсельхозом России.

(Источник: официальный сайт Правительства России)



ПЕРВЫЙ КЛАСТЕР СЕЛЬХОЗМАШИНОСТРОЕНИЯ ОФИЦИАЛЬНО ЗАРЕГИСТРИРОВАН В ЛИПЕЦКОЙ ОБЛАСТИ

Кластер сельскохозяйственного машиностроения, включающий 10 компаний Липецкой области, официально зарегистрирован в Минпромторге России, сообщили в Управлении сельского хозяйства региона. Среди предприятий кластера, основные функции которого — локализация процессов производства импортозамещающей продукции и формирование технологического суверенитета, производители сельхозтехники и комплектующих к ней.

Создание кластера позволит области сформировать межрегиональные кооперационные связи, привлечь больше инвестиций, приумножить поступления в бюджет налоговых отчислений от реализации проектов и увеличить количество высококвалифицированных рабочих мест, отметили в областном аграрном ведомстве. «Мы очень заинтересованы в развитии машиностроения в регионе. Липецкая область находится в центре европейской части России, и расположение наших производств позволяет охватывать практически все направления сбыта», — сказал губернатор Игорь Артамонов. Теперь импортозамещающие проекты могут быть финансово поддержаны как с помощью региональных инструментов, так и на федеральном уровне, отметил он.

Подпишитесь
на наш
telegram-канал!



В ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ СКОТ ОБЕСПЕЧЕН КОРМАМИ НА 108%

Животноводы Томской области обеспечены кормами на 108% от потребности, сообщили в Департаменте по социально-экономическому развитию села региона.

По данным регионального аграрного ведомства, в томских хозяйствах всех категорий на зиму заготовлено 410,8 тыс. т грубых кормов (144,5 тыс. т кормовых единиц) и 73,4 тыс. т сочных кормов (12,2 тыс. т кормовых единиц). Обеспеченность скота кормами составляет 28,4 ц кормовых единиц на одну условную голову, или 108% от потребности.

На зимне-стойловый период 2023–2024 годов в местных сельхозорганизациях и КФХ на одну условную голову заготовлено 30,9 ц кормовых единиц, или 104,3% от плана. В этом сезоне аграрии региона заготовили: сена — 65 тыс. т (102,7% от плана), сенажа — 152,2 тыс. т (114% от плана), зерносенажа — 86,3 тыс. т (99% от плана), силоса — 60,8 тыс. т (112,2% от плана), соломы — 12,6 тыс. т (83,3% от плана). В ноябре — декабре на кормление скота было израсходовано 25,9 тыс. т кормовых единиц, на одну условную голову потрачено 4,7 ц кормовых единиц, уточнила заместитель председателя Комитета по производству департамента Светлана Дюсембаева.

В сообщении отмечено, что, согласно данным ФГБУ САС «Томская», 15 хозяйств региона провели исследование качества заготовленных кормов. Всего проанализировано 70,7 тыс. т сенажа (треть заготовленного). В результате было выявлено, что 81,4% исследованного объема сенажа по качеству относится к 1–2-му классу. Также проверено 4000 т силоса и определено, что весь данный корм относится к 1-му классу.

В РФ НА МЕРОПРИЯТИЯ ПО ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ АПК В 2024 ГОДУ БУДЕТ НАПРАВЛЕНО БОЛЕЕ 3 МЛРД РУБЛЕЙ

К 2028 году в Российской Федерации оформление всех видов государственной поддержки сельхозпроизводителей будет переведено в цифровой формат, информирует официальный сайт Правительства России. Такой показатель содержится в актуализированной редакции стратегического направления в области цифровой трансформации агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов. Распоряжение о ее утверждении подписал председатель Правительства РФ Михаил Мишустин.

Цифровизация услуг по государственной поддержке будет идти в несколько этапов. Так, к 2026 году этот показатель должен достигнуть 50%, в 2027-м — 75%, а в 2028 году — 100%. Кроме того, в обновленном стратегическом направлении среди прочего ставятся задачи внедрения в рабочие и управленческие процессы искусственного интеллекта и других новейших технологий. Среди перспективных областей их применения — развитие систем автоматического орошения и полива, использование доступного беспилотного транспорта для обработки полей, сбор спутниковых данных по состоянию почвы или запасов водных биоресурсов. «Предприниматели смогут воспользоваться современными технологиями для роста урожайности, оптимизировать свои затраты, наладить эффективные каналы сбыта продукции и получить целый ряд других конкурентных преимуществ для сельского хозяйства», — сказал премьер-министр на совещании со своими заместителями 4 декабря.

Председатель правительства сообщил, что на реализацию новых и уже запланированных мероприятий по цифровой трансформации сельского хозяйства в бюджете следующего года предусмотрено более 3 млрд рублей.



Журнал «Аграрная наука» при поддержке одного из лидеров отечественного рынка средств защиты растений (СЗР) Группы компаний «Шанс» представляет рубрику «Три вопроса эксперту». Руководитель отдела по поддержке и развитию продукции ГК «Шанс» Василий Соннов — о применении дронов и их эффективности в сельском хозяйстве.



1 Дроны становятся всё более популярным инструментом в различных областях, в том числе и в сельском хозяйстве. Как вы считаете, с чем это связано?

В последние годы использование дронов в сельском хозяйстве стало неотъемлемой частью процесса производства, поскольку они помогают фермерам оптимизировать работу и улучшить качество урожая. Дроны в сельском хозяйстве используются для решения различных задач, таких как мониторинг посевов, внесение удобрений и средств защиты растений. За последние три-четыре года дроны-опрыскиватели всё чаще встречаются на полях нашей страны и постепенно начинают внедряться в технологические операции многих сельхозтоваропроизводителей.

2 Какие плюсы и минусы использования дронов?

Помимо явных преимуществ, таких как значительное снижение затрат на горючее, а также снижение воздействия техники на почву, применение беспилотников в хозяйстве имеет и недостатки.

Начнем с плюсов:

- + экономия воды. Там, где традиционный опрыскиватель использует 100 или 200 л в воды на га, беспилотник обходится всего 8;
- + нет воздействия техники на почву. Это особенно важно, если на ваших полях уже есть тенденции к переуплотнению пахотного слоя;
- + обработка сложных участков. Дроны идеально подходят для обработки труднодоступных участков. Это могут быть части полей, которые подвержены подтоплению, или же поля, на которых находятся различные опоры электропередач, газовые трубы и прочие наземные объекты, между которыми невозможно нормально маневрировать из-за длины штанги;
- + нет ограничений по высоте культуры;
- + возможность точечного и дифференцированного внесения.



Переходим к минусам.

При работе с БПЛА следует учитывать некоторые особенности:

- больше зависимость от погодных условий (высокие температуры, скорость ветра);
- невысокая производительность в сравнении с опрыскивателем (решается количеством дронов);
- недостаточно данных о влиянии ультрамалообъемного опрыскивания (УМО) на эффективность работы отдельных препаратов;
- короткий срок жизни капли;
- большой снос рабочего раствора;
- плохое покрытие обрабатываемых объектов из-за маленького объема рабочей жидкости.

Для решения проблем внесения СЗР с дронов группа компаний «Шанс» разработала технологию DropFly. Благодаря новой формуле DropFly СЗР равномерно покрывают поверхность растения — увеличивается площадь покрытия; количество удерживаемого на листьях продукта возрастает. Технология DropFly не позволяет препарату «стекать» с растения, тем самым повышается эффективность продукта, а это большая экономия средств.

3 Эффективно ли использование дрона по сравнению с применением стандартного опрыскивателя?

Специалисты ГК «Шанс» провели опыт внесения десиканта «Дикошанс, ВР» на подсолнечнике с помощью дрона. Цели опыта — понять и выяснить вопросы: повышает ли технология DropFly эффективность применения десиканта на подсолнечнике с помощью дрона? эффективно ли использование дрона по сравнению с применением стандартного опрыскивателя? влияет ли рабочий

раствор, выливаемый на 1 га, на эффективность десикации?

Проводили испытания в Республике Татарстан. Нанесение происходило с помощью дрона в сравнении с навесным опрыскивателем. Эффективность внесения десиканта «Дикошанс, ВР» оценивалась методом измерения влажности семян подсолнечника на 4-е, 6-е и 16-е сутки. В результате тестирования данная технология показала целый ряд преимуществ в сравнении с опрыскивателями без вспомогательных препаратов для обработки с дронов.

Как я уже сказал, DropFly — это новая технология, разработанная специалистами ГК «Шанс» для повышения эффективности внесения СЗР с сельскохозяйственных дронов. В сочетании с вихревым потоком, создаваемым дроном, DropFly закрепляет СЗР равномерно с верхней и нижней стороны листа.

В итоге проведенного опыта можно сделать следующие выводы: наиболее эффективным способом внесения десиканта (по результатам измерения влажности семян) было опрыскивание посевов подсолнечника с БПЛА с использованием технологии DropFly. При нанесении с помощью дрона в сравнении с прицепным опрыскивателем разница во влажности составила 6%. Более подробно о технологии DropFly — в следующем выпуске.

Читайте в следующем номере о технологии DropFly, производственных и лабораторных опытах, проведенных в 2023 году.

ГК «Шанс»
Тел. 8 (800) 700-90-36
shans-group.com

ООО «Шанс Трейд» — генеральный партнер завода-производителя «Шанс Энтерпрайз» по реализации продукции на территории РФ.

В РОССИИ СУЩЕСТВЕННО СНИЖЕНА ДОЛЯ НЕЗАКОННОГО ОБОРОТА МОЛОЧНОЙ ПРОДУКЦИИ

В рамках научно-практической конференции «Молоко без подделки: регионы на защите качества», прошедшей 13.12.2023 в гибридном формате на площадке ТАСС, состоялось обсуждение актуальных вопросов обеспечения населения РФ качественной и безопасной молочной продукцией.

Система обеспечения безопасности пищевой продукции нашей страны совершенствуется и развивается, отметил первый заместитель председателя Комитета Совета Федерации по аграрно-продовольственной политике и природопользованию Сергей Митин, выступая с приветственным словом к участникам НПК. В настоящее время в РФ активно внедряется система маркировки товаров средствами идентификации, зарекомендовавшая себя как крайне эффективный инструмент борьбы с фальсификатом, сообщил он. Государственная система «Честный знак» позволяет аккумулировать данные о состоянии товарных рынков, выявлять недобросовестных производителей и пресекать каналы реализации нелегальной продукции, отметил парламентарий.

Согласно данным спикера, в 2022 году в ходе проверки Роскачества было исследовано 457 торговых марок молочной продукции, из них в 253 товарах (55%) выявлены нарушения обязательных требований. «Это очень большая цифра, конечно, в таких условиях в борьбу с фальсификацией и контрафактом продукции должно быть включено население страны путем повышения общей потребительской грамотности, — сказал он. — Как законодатель и председатель Технического комитета по стандартизации молока и молочной продукции, должен отметить необходимость продолжения работы по совершенствованию системы нормативного правового регулирования и обеспечению согласованности международных и российских стандартов, а также — по развитию международной кооперации в области сертификации и лицензирования». Особая роль в данном направлении сегодня отводится национальным и межгосударственным техническим комитетам, добавил парламентарий. В частности, он сообщил, что в текущем году Технический комитет по стандартизации «Молоко и продукты переработки молока» активизировал

работу по проведению анализов действующих ГОСТов, а на 2024 год запланировал подготовку порядка 14 национальных стандартов. Таким образом, только совместными усилиями власти, общества, отрасли и науки можно добиться продовольственной независимости и обеспечить население страны качественной и безопасной молочной продукцией, заключил сенатор.

Молочная продукция — одна из базовых категорий потребительской продуктовой корзины, отметила заместитель руководителя Роскачества Ольга Шанаева. В своей презентации она представила рейтинг потребления молока на душу населения в 2022 году в регионах РФ, согласно которому первое место с показателем 293 кг традиционно занимают Москва и Московская область. На втором месте находится Чукотский автономный округ (280 кг). За ним расположились Рязанская, Новосибирская, Белгородская и Липецкая области (251 кг, 246 кг, 237 кг, 216 кг соответственно). Далее — Краснодарский край с Республикой Адыгея (210 кг), Смоленская область (207 кг), Республика Мордовия (201 кг) и Курская область (197 кг). По данным спикера, в 2022 году объем потребления молока в России составил 23,7 млн т, объем потребления молока на душу населения — 165,6 кг. «Это внушительные объемы, поэтому качество такой продукции не может нас не беспокоить», — отметила она.

Доля незаконного оборота молочной продукции на конец прошлого года снижена в 2 раза (с момента начала маркировки), процент нарушений также позволила снизить интеграция системы маркировки с ФГИС «ВетИС» Россельхознадзора, проинформировал директор департамента маркировки и прослеживаемости товаров Минпромторга России Владислав Заславский. «Количество производителей сыра, сливочного масла и иной маркированной средствами идентификации молочной продукции, выпускающих продукцию с признаками нарушений (по итогам на октябрь 2023 года) снизилось

до 2,48%», — сказал он. По данным спикера, в январе 2022 года было зафиксировано 30% нарушений, в июне — 17%, а осенью — уже 13–15%. «Совместными усилиями с Россельхознадзором нам удалось снизить долю нарушений с 30 до 2,5 процентов», — отметил он.

Владислав Заславский также сообщил, что в 2024 году Министерством промышленности и торговли РФ совместно с Федеральной службой по ветеринарному и фитосанитарному надзору и Национальным союзом производителей молока (Союзмолоком) запланирован эксперимент по переходу на партионный учет товаров. «Партионная прослеживаемость — дополнительный шаг к тому, чтобы получить полную прозрачность», — резюмировал он.

Ю.Г. Седова





СОВРЕМЕННЫЕ ПРОМЫШЛЕННЫЕ БИОТЕХНОЛОГИИ



АГРОКСИЛ ПЛЮС™
АГРОЦЕЛЛ ПЛЮС™
АГРОКСИЛ ПРЕМИУМ™

комплексные сбалансированные
НПС-мультиферментные
препараты широкого
спектра действия



АГРОФИТ™

термостабильная
6-фитаза



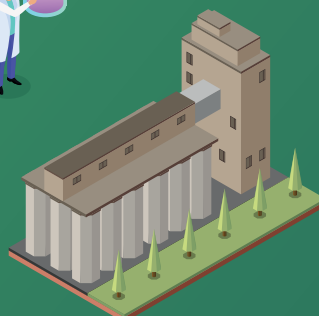
АГРОПРОТ™

кислая протеаза



АГРОФИТ ПРО™

мультиферментный
комплекс универсального
действия, содержащий
НПС-ферменты и фитазу



ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ СУВЕРЕНИТЕТ АПК: ПОДХОДЫ, ПРОБЛЕМЫ, РЕШЕНИЯ

Ключевые задачи научно-технологического потенциала РФ обсудили участники научной сессии «Российская академия наук в решении проблем научно-технологического развития Российской Федерации» Общего собрания членов РАН, прошедшего 12 и 13 декабря 2023 года. Большой интерес аудитории вызвал представленный во второй день сессии доклад академика РАН, академика-секретаря отделения сельскохозяйственных наук РАН, д. т. н. Я.П. Лобачевского «Приоритетные технологии развития агропромышленного комплекса Российской Федерации».

Наша страна располагает огромным природным потенциалом, который включает 200 млн га сельскохозяйственных угодий, 120 млн га продуктивной пашни, более 50% мировых черноземов, 20% пресной воды, и занимает около 10% мирового производства удобрений, на каждого россиянина приходится порядка 1,5 га сельхозугодий — почти в 3 раза больше, чем на одного человека в других странах мира, сообщил в ходе своего выступления академик РАН Я.П. Лобачевский. «Имея такие ресурсы, мы можем не только обеспечить собственным продовольствием население страны, но и занять существенный сегмент мирового продовольственного рынка. Одна из главных ролей в решении данных вопросов отводится российской науке, в том числе сельскохозяйственной», — сказал он.

В своей презентации спикер отметил, что государственная научно-техническая политика в сфере сельскохозяйственных наук базируется на реализации Указа Президента РФ от 21.07.2016 № 350 «О мерах по реализации государственной научно-технической политики в интересах развития сельского хозяйства», Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации от 01.12.2016 № 642, Стратегии развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации на период до 2030 года от 08.09.2022 № 2567-р и Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации от 21.01.2020 № 20. На задачу самообеспечения россиян важнейшими продуктами направлена Федеральная научно-техническая программа развития сельского хозяйства на 2017–2030 годы (ФНТП), подпрограммы которой включают селекцию и семеноводство картофеля и сахарной свеклы, создание отечественных конкурентоспособных мясных гибридов птицы. Разрабатываются новые подпрограммы по селекции масличных культур, развитию плодоводства и виноградарства, разработке кормов и кормовых добавок, сельхозтехники и оборудования. В выполнении подпрограмм принимают участие ученые ОСХН РАН.

Академик привел данные Росстата, согласно которым за последние 10 лет среднегодовой прирост физического объема сельхозпродукции составил 3,35%, стабильно достигает высоких значений валовый сбор зерна — 120–140 млн т в год, индекс физического объема продукции АПК в 2022 году достиг 110,2%.



«Мы существенно продвинулись в решении проблемы импортозамещения и технологической независимости на внутреннем рынке продовольствия», — резюмировал он.

Я.П. Лобачевский обозначил ряд перспективных направлений научных исследований в области зоотехнии и ветеринарии:

- использование генетического разнообразия сельскохозяйственных животных как основы устойчивости систем сельскохозяйственного производства;
- разработка и внедрение технологий маркер-ориентированной и геномной селекции, создание новых пород, типов, линий и кроссов сельскохозяйственных;
- совершенствование систем кормления животных, обеспечение наиболее полной реализации их генетического потенциала;
- разработка современных методов лечения, тест-систем, вакцин против вирусных, бактериальных, грибковых заболеваний животных.

Ученый заострил внимание на вопросах технического обеспечения сельского хозяйства. Он отметил, что для обеспечения технологического суверенитета необходимы создание и внедрение в производство (для всех отраслей АПК) современных отечественных машин и оборудования, а также возрождение существовавшей в СССР системы машин — научно-обоснованной совокупности технических средств со множеством гармонизированных параметров для выполнения комплексных технологических процессов по возделыванию сельскохозяйственных культур. Основа таких систем для растениеводства — тракторы с дополнительными агрегатами, современную концепцию которых создали ученые Научного агроинженерного центра ВИМ, сообщил академик. Разработка автоматизированных и роботизированных тракторов уже начата совместно с ПАО «КАМАЗ», уточнил он. В настоящее время активно рассматривается возможность внедрения искусственного интеллекта в сельское хозяйство, в частности предлагается использовать беспилотники для выполнения особо точных или потенциально опасных работ, мониторинга состояния земель и урожайности, отметил спикер.

Ю.Г. Седова

СЕЯНЫЕ КОРМОВЫЕ ТРАВЫ: VERDANA

Анализ литературы и опыта сельскохозяйственной практики по созданию «уплотненных» и «смешанных» посевов кормовых культур сенокосно-сенажного, сенокосно-пастбищного режимов использования показывает, что очень часто такие посевы в условиях хозяйств проводятся, как правило, эмпирически без достаточного научного обоснования и не базируются на знаниях о принципах структуры и функционирования луговых естественных сообществ.

В то же время законы их организации являются базой научно обоснованной системы для использования их при конструировании оптимизированных кормовых высокопродуктивных агроценозов.

С хозяйственной точки зрения компоненты для совместного посева должны быть хорошо облиственными и высокоурожайными — это возможно при тщательном подборе кормовых культур или сортов.

Еще академик Н.И. Вавилов отмечал, что показателем степени интенсивности земледелия является не только высокая продуктивность отдельных видов, но и богатство разнообразия возделываемых сортов растений, способных наиболее полно удовлетворять потребности человека и запросы народного хозяйства. В деле обогащения культурной флоры большая роль принадлежит интродукции растений и сортов. Под интродукцией обычно понимают или простой перенос растений из одного района в другой, или перенос и совокупность методов, способствующих процессам их акклиматизации.

Если говорить о травосеянии, то отечественное семеноводство на сегодня переживает кризис. Но оно живо, в основном благодаря мелким предприятиям, которые выращивают как старые, сохранившиеся сорта многолетних трав, так и новые, появившиеся в последние годы. Однако размножение данных сортов еще достаточно слабое, поэтому отечественный рынок семян кормовых трав в последние десятилетия занимают преимущественно европейские производители, семена привозят из Дании, Германии, Голландии, Италии, Аргентины, Новой Зеландии и в меньшей степени из Канады. Зарубежные сорта в подавляющем большинстве не изучены в районах, где они раньше не культивировались. Попадая в другую климатическую зону, не могут адаптироваться и выпадают, что приводит к изреживанию травостоев, снижению продуктивности кормового угодья и,

как следствие, продолжительности его использования. В связи с этим хорошим практическим решением было бы соединить наилучшие адаптированные виды и сорта различных селекций (в том числе и российской), обладающие наибольшими адаптационными качествами к климатическим условиям и при должном уходе обеспечивающие и высокие кормовые качества, но это не всегда удается, так как сорта принадлежат разным компаниям и у каждой свой портфель предложений.

Но соединить несоединимое удалось. Компания «РегионКорма» в новой линейке кормовых травосмесей Verdana предлагает большой ассортимент смесей для различных климатических зон нашей большой страны. В состав травосмесей входят лучшие российские и импортные сорта, используется только лучший семенной материал.

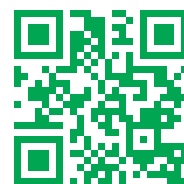
В разных климатических зонах свои особенности, почвенные условия (тип почвы, pH, количество влаги, тепла), поэтому к каждому конкретному хозяйству подходят индивидуально. Есть возможность разработать травосмеси непосредственно под условия и требования хозяйства, подбираются виды и сорта трав по срокам кормовой спелости, создается сырьевой конвейер. В травосмеси могут входить только иностранные или отечественные сорта (Verdana import, Verdana RUS), а могут включать сорта разных селекций (Verdana Kombi), включение сортов зависит от поставленных задач и возможности предприятия.

Травосмеси Verdana — это разный подход к их использованию.

Уже более 10 лет специалисты компании помогают предприятиям создавать высокопродуктивные, долгодлительные кормовые угодья различного назначения: сенокосного, сенажного и сенокосно-пастбищного типов использования. Результат, как правило, всегда положительный.

Еще одной отличительной особенностью можно отметить обработку семенного материала инокулянтами: семена травосмесей с люцерной обрабатывают инокулянтом для люцерны, травосмеси с клеверами — инокулянтом для клевера. В состав смеси для обработки входят биофунгицид, концентрат гуминовых и фульвовых кислот, а также биоинкрустатор для создания пленки на семени, обеспечивающей длительную защиту бактерий до 6–8 месяцев.

Новые подходы не только к качеству семенного материала, но и к научно-технологическому сопровождению — это наша стратегия в работе, благодаря которой мы идем вперед, а производители получают качественные долгодлительные угодья и, как следствие, отменные сбалансированные корма.



СОВРЕМЕННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ГОСУДАРСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Биологическая промышленность в России создавалась и формировалась как самостоятельная отрасль, способная обеспечить эффективный ответ на уже циркулирующие и вновь возникающие эпизоотии. История отечественной ветеринарно-биологической промышленности ведет свой отсчет от создания в 1897 году «Курской биофабрики».

Сформировавшаяся система обеспечения эпизоотического благополучия страны основывается на трех важнейших элементах: ветеринарной службе, биологической промышленности и профильных научно-исследовательских организациях. Все данные направления в Российской Федерации динамично развиваются. Непрерывная трансформация возникающих биологических угроз требует постоянного совершенствования средств профилактики, диагностики и лечения животных. Трансграничные заносы новых патогенов, появление генетических вариантов ранее известных возбудителей болезней, использование новых пород животных являются факторами, которые обуславливают запуск биологических процессов, сопровождающихся принципиально иными схемами взаимодействия между возбудителем и восприимчивыми животными. Непрерывная эволюция возбудителей инфекционных болезней обуславливает постоянное появление эмерджентных инфекций, ведет к снижению эффективности существующих средств специфической профилактики.

Для консолидации усилий по выпуску наукоемкой и конкурентоспособной биотехнологической продукции подведомственные Министерству сельского хозяйства РФ профильные предприятия и научно-исследовательские учреждения были объединены в ассоциацию «Ветбиопром». Основные учредители ассоциации: ФКП «Армавирская биофабрика», ФКП «Курская биофабрика», ФКП «Ставропольская биофабрика», ФКП «Орловская биофабрика», ФКП «Щелковский биокомбинат», ФГБНУ «ФЦТРБ-ВНИВИ», ФГБНУ ВНИТИБП.

Объединение ведущих биофабрик и научных центров на платформе ассоциации позволяет формировать консолидированную позицию профильных организаций, централизованно выполнять представительские функции, проводить научные конференции, совещания.

В настоящее время биопредприятиями, подведомственными Минсельхозу России, официально зарегистрировано и производится свыше 200 наименований биологической продукции ветеринарного назначения. Биопредприятия ежегодно выпускают около 600 млн доз вакцин и свыше 100 тыс. диагностических наборов.

При производстве вакцин преимущественно используются штаммы возбудителей болезней, выделенных на территории РФ. Это обеспечивает высокую специфичность вакцинных препаратов, что подтверждается обширным опытом их использования при противоэпизоотических мероприятиях. Все отечественные иммунобиологические препараты производятся в соответствии с требованиями надлежащей производственной

практики (GMP), что подтверждается регулярным контролем со стороны Россельхознадзора. Это позволяет достигать качества, не уступающего зарубежным аналогам. Важные достоинства отечественных препаратов — их доступность (вне зависимости от геополитической обстановки) и более низкая стоимость.

Благодаря высокому качеству продукция федеральных казенных предприятий, входящих в ассоциацию «Ветбиопром», используется при борьбе с экономически и социально значимыми болезнями. Производителями предприятиями вакцины и диагностические средства являются основными при проведении плановых противоэпизоотических мероприятий и поставляются в субъекты Российской Федерации за счет средств федерального бюджета. Значительная часть продукции реализуется за рубежом. Экспорт продукции осуществляется более чем в 25 зарубежных стран.

Научные и производственные организации, входящие в ассоциацию «Ветбиопром», проводят постоянные исследования, направленные на разработку новых препаратов, внедрение современных технологий. Работа ведется по трем стратегическим направлениям:

1. Разработка качественно новых образцов биопрепаратов и диагностикумов с последующим внедрением в промышленное серийное производство.
2. Модернизация и усовершенствование имеющихся вакцин.
3. Увеличение объемов производства продукции ветеринарного назначения путем расширения ассортимента продукции фармацевтических препаратов.

Государственные биопредприятия проводят научно-исследовательскую работу в коллаборации с профильными научными организациями и академическими НИИ. Разработки ведутся с учетом тенденций изменения структуры поголовья животных и современной эпизоотической обстановки, пожеланий и рекомендаций ветслужбы. Это позволяет повысить эффективность новых препаратов и скорость ответа на возникающие новые биологические угрозы.



<http://vetbioprom.ru/>



НАЦИОНАЛЬНАЯ АССОЦИАЦИЯ

НА СТРАЖЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СТРАНЫ



АРМАВИРСКАЯ БИОФАБРИКА



КУРСКАЯ БИОФАБРИКА



ОРЛОВСКАЯ БИОФАБРИКА



ЩЕЛКОВСКИЙ БИОКОМБИНАТ



СТАВРОПОЛЬСКАЯ БИОФАБРИКА



ФЦТРБ-ВНИВИ



ВНИТИБП



WWW.VETBIO PROM.RU

ГУМАННОЕ ОБРАЩЕНИЕ С СЕЛЬХОЗЖИВОТНЫМИ: РЕАЛИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Актуальные вопросы отечественного животноводства обсудили участники экспертной дискуссии «Гуманное отношение к животным в сельском хозяйстве, как точка роста экономики и развития регионов присутствия». Организаторами дискуссии, прошедшей в гибридном формате 23 ноября, выступили «Эксперт. Центр аналитики» и Национальный центр аналитики в сфере животноводства «Модерн ферма».

В ходе мероприятия президент Российской ассоциации практикующих ветеринарных врачей, кандидат ветеринарных наук, заслуженный ветеринарный врач РФ Сергей Середа отметил необходимость включения в программы профильных вузов предмета о гуманном отношении к животным. Он сделал акцент на теме эвтаназии животных — проблеме, остро стоящей перед профессиональным сообществом. По словам спикера, сотни тысяч голов крайне негуманными методами подвергаются эвтаназии, — при помощи курареподобных дешевых препаратов, фактически, задыхаясь в страхе. «Для меня как ветеринарного врача это большая трагедия: сегодня мы — единственная страна в мире, в которой применяются курареподобные препараты», — сказал он. В настоящее время эта проблема практически решена с мелкими домашними животными, но для умерщвления сельскохозяйственных животных такие препараты до сих пор применяют, уточнил спикер. «Думаю, с этим надо заканчивать», — заключил он.

Несколько лет назад РОО в сфере защиты животных «Голоса за животных» был запущен проект «Закон в защиту сельскохозяйственных животных», сообщила председатель РОО, и.о. руководителя проекта Динара Агеева. «Цель проекта — добиться принятия в России нормативно-правовых актов, регулирующих содержание животных в сельском хозяйстве с учетом их благополучия», — пояснила она. На сегодняшний день экс-



пертами разработаны предложения для Минсельхоза России по снижению страданий животных во время убоя, из которых ведомством были учтены предложения по содержанию кроликов, в том числе такой важный пункт, как необходимость увеличения размеров клеток, отметила спикер.

По мнению аналитика по глобальным исследованиям (Global Research and Insights Analyst) зоозащитной организации The Humane League Джованни Фабриса, примером гуманного отношения к сельскохозяйственным является технология бесклеточного содержания кур. Это и экономически выгодно, — в связи с повышением потребительского спроса на такие курицы и их яйца, заметил он.

«На типичной промышленной ферме мы одновременно наблюдаем большую скученность содержания и низкий уровень иммунитета у сельскохозяйственных животных, что создает благоприятные условия для распространения различных инфекционных заболеваний, защита от которых требует массового применения антибиотиков», — отметил кандидат биологических наук Илья Злобин — эксперт РОО «Голоса за животных». Причем антибиотики используются не только для лечения больных животных, но и как средство профилактики, чтобы избежать масштабных вспышек заболеваний, а это ведет к антибиотикорезистентности — одной из основных проблем современного мира, следовательно, необходимо снижать потребление антибиотиков в животноводстве и повышать поголовье с хорошим иммунитетом, пояснил он. Для решения данной проблемы, в частности,



следует обеспечить животных и птицу адекватными условиями содержания, которые защитят их от развития стресса (поскольку хронический стресс и хороший иммунитет несовместимы), вакцинацией и ветеринарным обслуживанием, отметил эксперт. Также необходима селекция новых пород, нацеленная и на продуктивные показатели, и на улучшение здоровья и повышение продолжительности жизни сельскохозяйственных животных, добавил он.

Сегодня, в условиях новых геополитических вызовов, эффективное развитие АПК России — стратегически важная задача, от решения которой напрямую зависит продовольственная безопасность страны, отметил директор дивизиона развития дистрибуции животноводства ГК ВИК Олег Минкин. Среди основных проблем российского АПК он выделил кадровый голод, составляющий, согласно официальным данным Министерства сельского хозяйства РФ, 200 тысяч человек. В своей презентации спикер уточнил, что, по информации HH.ru, количество вакансий в сфере АПК с января по май 2023 года увеличилось в среднем по РФ на 51%, причем число соискателей в отрасли показывало отрицательную динамику. В числе ключевых он также отметил проблему импортозамещения ветпрепаратов, проблему развития отечественного племенного фонда и низкую инвестиционную привлекательность АПК. Эксперт сообщил, что на текущий момент в сельском хозяйстве используется 67% иммунобиологических препаратов импортного производства, 16% — производства стран Евразийского экономического союза (ЕАЭС) и 17% — российского производства. В группе химико-фармакологических препаратов ситуация более стабильная: импортных продуктов 51%, российских — 49%. По данным спикера, для решения проблемы импортозамещения предлагается включить предприятия, объединяющие 88% отечественного производства, в перечень системообразующих и разработать меры по ускорению ввода в эксплуатацию новых площадок и ветпрепаратов. Что касается проблемы формирования отечественного племенного фонда, то на сегодняшний день существует практически полная зависимость по семени у свиноводческих производств и — по суточным цыплятам и инкубационным яйцам, резюмировал он. Для решения этой задачи необходимо, в частности, формировать совместные проекты с племенными репродукционными предприятиями дружественных стран и перенимать опыт в России, отметил эксперт.

По словам генерального директора ГК «ИДАВАНГ» Татьяны Шарыгиной, благополучие животных — animal



welfare — в компании прописано красными буквами. «Возможно, мы исключение: мы соблюдаем не только российские, но и европейские нормы, — начиная от игрушек для свиней и музыки в свинарнике и заканчивая лекарственным обеспечением наших животных», — сказала она. Для нормального производственника это экономически выгодно, отметила спикер. «Животное, находящееся в стрессе, не принесет результата», — добавила она.

Эксперт по овцеводству и козоводству при Минсельхозе России, заместитель директора Ассоциации промышленного козоводства, главный научный сотрудник лаборатории разведения и селекции овец и коз ФГБНУ ВНИИплем, доктор сельскохозяйственных наук Светлана Новопашина представила доклад «О комфортном содержании молочных коз на промышленных фермах России». «В своей практической деятельности много времени и внимания мы уделяем разработке нормативной документации по содержанию племенных животных, и хочу отметить, что не все представления о гуманном содержании животных являются реальными», — сказала она. Так, свободный выпас животных ограничен угрозой клещей, инфекционными опасностями, погодными условиями, тогда как современные фермы оборудованы кормовым столом, поилками и чистой соломенной подстилкой, там устанавливаются чесалки для овец и коз,

формируются комфортабельные доильные залы, — для повышения комфортного содержания животных, отметила докладчик. «Технология молочного козоводства подразумевает отъем козленка от мамы, что шокирует наших защитников животных. Однако следует сказать, что в случае, когда козленок или теленок содержится с матерью, появляется ряд проблем. В частности, содержание маленького и взрослого животного имеет разный температурный режим, козлята сильно кусают соски и травмируют вымя козы. Кроме того, находясь «под мамой», они начинают бояться людей. А выращенные без мамы животные социализированы, — не боятся человека и спокойно относятся ко всем необходимым манипуляциям», — пояснила она. Таким образом, меры гуманного отношения к сельскохозяйственным животным следует вырабатывать сквозь призму целесообразности и уместности, подытожила ученый.

Ю.Г. Седова



ЛУЧШИЕ БЫКИ-ПРОИЗВОДИТЕЛИ ПОМОГУТ УСОВЕРШЕНСТВОВАТЬ ГЕНОФОНД МОЛОЧНОГО ПОГОЛОВЬЯ

Кировская область славится молочным животноводством. Ключевую роль в улучшении молочного поголовья хозяйств региона играет Акционерное общество «Кировское» по племенной работе», которое в прошлом году отметило полувековой юбилей.



Фото. Милорд-ЕТ

АО «Кировплем» занимается производством семени для осеменения маточного поголовья крупного рогатого скота, имеет собственные лаборатории: селекционного контроля качества молока, иммуногенетическую и молекулярно-генетическую. В 2016 году здесь создан Региональный информационно-селекционный центр.

Обновление поголовья

На предприятии содержатся 45 быков-производителей голштинской, истобенской и герефордской пород.

Голштинская порода в настоящее время является наиболее результативной по молочному направлению. Аграрии характеризуют ее как «конвейер по производству молока». В АО «Кировплем» ведется постоянная работа по обновлению состава быков-производителей данной породы. В 2023 году были завезены 13 быков-производителей голштинов, причем семь из них прибыли из Нидерландов и Германии. Еще три быка поступили из АО «Московское» и АО «Уралплемцентр». Эти животные появились на свет в России благодаря методу эмбриотрансплантации от представителей зарубежной селекции, остальные «новички» — бычки из Нижегородской и Кировской областей.

До конца года запланировано прибытие еще двух быков голштинской породы — из Ленинградской области.

В АО «Кировплем» уделяют внимание и другим породам. Систематически на племпредприятие поставляются бычки уникальной истобенской породы, которая была выведена и распространена в Кировской области. Истобенские коровы дают молоко высокого качества, отлично приспособлены к местному климату, отличаются выносливостью, долголетием, устойчивы к инфекционным заболеваниям. Задача селекционеров состоит в том, чтобы сохранить генофонд этой породы.

Стадо производителей АО «Кировплем» ежегодно обновляется (приблизительно на 30%). Предприятие имеет прочные деловые связи с поставщиками из-за рубежа. Быки-производители завозятся из Германии, Нидерландов, Дании, США, Канады и Белоруссии. В настоящее время партнерство с иностранными племях-хозяйствами не утрачено. В АО «Кировплем» уверены, что в деле селекции и племенного животноводства необходимо укреплять сотрудничество и продолжать работу по улучшению генофонда поголовья. Это идет только во благо сельскому хозяйству всего мира.

Подобрать пару — просто

Для клиентов АО «Кировплем» разработан большой цифровой каталог животных, где на каждого быка заведена специальная карточка со всеми характеристиками, что позволяет найти наиболее подходящего быка-производителя по таким факторам, как легкость отела, наследуемость продуктивности, форма вымени и т. д. Это очень удобно для покупателей из других регионов, ведь семя от быков АО «Кировплем» приобретают хозяйства не только Кировской, но и Костромской, Вологодской

Минсельхоз Кировской области сообщает, что на конец октября суточный валовый надой молока вырос на 86,9 т по сравнению с 2022 годом, а средняя молочная продуктивность коровы увеличилась на 1 кг. В целом этот показатель в сельхозорганизациях вырос на 4,6%.

областей, республик Коми и Марий Эл. Специалисты Регионального информационно-селекционного центра готовы проконсультировать аграриев и на компьютере подобрать оптимальную пару для коровы.

Все поступающие быки-производители проходят проверку на отсутствие заболеваний, генетических аномалий и гаплотипов.

Содержатся быки в комфортных условиях: привязано — зимой, на свободном выгуле (в просторных клетках) — летом. За день до забора семени быков отправляют на дополнительный моцион. Это позволяет животным сохранять отличные физические характеристики и хорошее самочувствие. Большое значение для продуктивности быков имеет рацион, поэтому для каждого животного составляется индивидуальная диета, рассчитанная с учетом нагрузки, потребности в микро- и макроэлементах. Применяются специализированные добавки, которые адсорбируют токсины, помогают улучшить работу печени.

С заботой о качестве семени

В АО «Кировплем» используют две технологии криоконсервации: французскую — в полипропиленовых соломинках (пайеты), харьковскую — в облицованных гранулах. Оба способа обеспечивают длительное сохранение живых спермиев и дают высокую результативность осеменения. Каждая партия семени проходит две стадии проверки — перед отправкой на хранение и при передаче потребителю.

Специалисты выделяют ряд преимуществ искусственного осеменения. Например, возможность подбора быка с наиболее выдающимися признаками. Только в зарегистрированных предприятиях есть гарантия, что полученное семя не несет в себе инфекционных заболеваний.

Искусственное осеменение позволяет спермой одного быка оплодотворить намного больше коров, чем это происходит в естественных условиях. Семя особо ценных производителей можно использовать несколько десятилетий после замораживания, что обеспечивает передачу хороших генов.

АО «Кировплем»

Кировская обл., г. Киров, пос. Захарищевы,
ул. Земская, д. 38.
Тел. 8 (8332) 55-10-66,
AOkirovplem@yandex.ru
www.kirovplem.ru





Акционерное общество
“Кировское”
по племенной работе



Лучшая генетика для вашего стада

Мы предлагаем

Сперму быков-производителей

широкий ассортимент,
программный подбор пар,
разумные цены, сопровождение
и доставка

Тренинги по искусственному осеменению коров

работа ректоцервикальным
способом и УЗИ-сканер

Услуги в области ведения племенного животноводства

оценка экстерьера,
подтверждение достоверности
происхождения, определение
качества молока, проверка баз
Селэкс

Кировская область, г. Киров,
пос. Захарищевы, ул. Земская, 38
(8332) 55-10-29, 55-10-66, 55-10-45

aokirovplem@yandex.ru,
risc Киров@mail.ru



kirovplem.ru



МАРБОФЛОЦИН® 10% — СОВРЕМЕННЫЙ АНТИБИОТИК ДЛЯ ЛАКТИРУЮЩИХ КОРОВ

Мастит у коров — одна из самых серьезных проблем современных животноводческих комплексов, наносящая огромный ущерб, который складывается от затрат на лечение больного животного и брака молока в течение нескольких дней после окончания курса лечения из-за применения антибиотиков.

Мастит вызывается более чем 140 видами микроорганизмов, при этом из пораженной доли может выселиться несколько видов возбудителей.

Основными средствами, используемыми для лечения мастита, были и остаются антибактериальные препараты. Учитывая высокую антибиотикорезистентность животных к антибиотикам, важной задачей ветеринарного врача является подбор высокоэффективного препарата с широким спектром действия и максимально коротким периодом ожидания по молоку.

Сегодня на рынке появился **Марбофлоцин® 10%** — новый антибактериальный препарат с периодом ожидания по молоку всего 24 часа!

В состав **Марбофлоцина® 10%** входит марбофлоксацин — фторхинолон последнего, третьего, поколения, созданный специально для ветеринарии. Важным преимуществом **Марбофлоцина® 10%** является его чрезвычайно широкий спектр бактерицидного действия на грамположительные и грамотрицательные микроорганизмы, в том числе *Escherichia coli*, *Salmonella* spp., *Citrobacter freundii*, *Enterobacter* spp., *Proteus* spp., *Klebsiella* spp., *Pasteurella* spp., *Haemophilus* spp., *Moraxella* spp., *Pseudomonas* spp., *Staphylococcus* spp., *Streptococcus* spp., а также *Mycoplasma* spp.

Марбофлоксацин быстро всасывается из места введения и хорошо распределяется в органах и тканях. Максимальная концентрация препарата достигается уже через 1,5 часа после введения. Период полувыведения из плазмы крови для марбофлоксацина составляет около 10 часов, что в 4 раза превышает аналогичный параметр для фторхинолона предыдущего поколения, широко используемого в ветеринарии энрофлоксацина (2,5 ч.). Фармакокинетический профиль марбофлоксацина обеспечивает стабильную концентрацию в плазме крови.

Основные преимущества **Марбофлоцина® 10%**: ультракороткий период ожидания по молоку (24 ч.);

действует на всех основных возбудителей мастита; новое поколение фторхинолонов — преодолевает резистентность к ранее используемым антибиотикам; можно использовать лактирующим и беременным животным.

Марбофлоцин® 10% технологичен, вводится подкожно, внутримышечно (один раз в сутки) в дозе для крупного скота 1 мл препарата на 50 кг массы животного, при этом продолжительность курса лечения — от 3 до 5 дней. Возможно однократное применение **Марбофлоцина® 10%** КРС (внутримышечно) в дозе 2 мл препарата на 25 кг массы животного.

Экспериментально доказано и подтверждено практикой, что терапевтическая эффективность **Марбофлоцина® 10%** при лечении первично диагностированных клинических маститов значительно превосходит терапевтическую эффективность большинства схем, на сегодняшний день используемых в хозяйствах. При этом молоко от коров, пролеченных препаратом **Марбофлоцин® 10%**, можно использовать в пищевых целях уже через 24 часа после последнего введения препарата!

Марбофлоцин® 10% широко используется не только для лечения острого клинического мастита, но и для лечения заболеваний органов дыхания, при маститах, эндометрите, заболеваниях пищеварительной системы и других болезнях бактериальной этиологии, вызванных микроорганизмами, чувствительными к марбофлоксацину.

Марбофлоцин® 10% — препарат выбора для современного ветеринарного врача.

ООО «Новая Группа»
141700, Московская обл.,
г. Долгопрудный, ул. Виноградная, д. 13
www.groupnew.ru
Тел. +7 (495) 221-01-19



МАРБОФЛОЦИН® 10%



ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЙ АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫЙ ПРЕПАРАТ
НА ОСНОВЕ ФТОРХИНОЛОНОВ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ
С КОРОТКИМ ПЕРИОДОМ ОЖИДАНИЯ ПО МОЛОКУ

- ✓ МИНИМАЛЬНЫЙ ПЕРИОД ОЖИДАНИЯ
ПО МОЛОКУ - **24 ЧАСА**
- ✓ ШИРОКИЙ СПЕКТР АНТИБАКТЕРИАЛЬНОГО
ДЕЙСТВИЯ
- ✓ ПРЕОДОЛЕВАЕТ ПЕРЕКРЕСТНУЮ РЕЗИСТЕНТНОСТЬ
К ДРУГИМ ГРУППАМ АНТИБИОТИКОВ
- ✓ ОПТИМАЛЬНАЯ СТОИМОСТЬ КУРСА ЛЕЧЕНИЯ



- МАСТИТ
- ЭНДОМЕТРИТ
- РЕСПИРАТОРНЫЕ ЗАБОЛЕВАНИЯ
БАКТЕРИАЛЬНОЙ ЭТИОЛОГИИ
- ЗАБОЛЕВАНИЯ ЖЕЛУДОЧНО-
КИШЕЧНОГО ТРАКТА

ПРАВИЛЬНЫЙ ВЫБОР ДЛЯ ЛАКТИРУЮЩИХ КОРОВ!



НОВАЯ ГРУППА



8 (495) 221-01-58
8 (495) 221-01-59



Россия, 141705,
М.О., г. Долгопрудный,
ул. Виноградная, д.13



info@groupnew.ru
www.groupnew.ru

Регистрационное удостоверение:
32-3-10.22-4887№ПВР-3-10.22/03726

СОВРЕМЕННЫЙ РОССИЙСКИЙ РЫНОК БИОЛОГИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ: ТРЕНДЫ И ПРОГНОЗЫ

Перспективы развития рынка биологических средств защиты растений и удобрений в России обсудили участники круглого стола, прошедшего 26 октября 2023 года в Москве. Организатором мероприятия выступил Институт аграрных исследований НИУ ВШЭ. Особый интерес участников дискуссии вызвал доклад заведующей отделом экономики инноваций в АПК ИнАгИС НИУ ВШЭ Надежды Орловой, представившей «Обзор рынка микробиологических СЗР и удобрений в РФ и мире».



В числе ключевых задач, стоящих сегодня перед АПК РФ и аграрной наукой, — внедрение в кратчайшие сроки отечественных технологий на производстве, в части их применения в защите растений, а также совершенствование выращивания сельскохозяйственных культур в открытом и закрытом грунте, отметила заведующая отделом экономики инноваций в АПК ИнАгИС НИУ ВШЭ Надежда Орлова.

В своей презентации спикер выделила **мегатренды мирового АПК:**

- **изменения в цепочках создания стоимости**

— концентрация добавленной стоимости в наукоемких секторах (генетика и селекция, IT- и геоинформационные технологии, промышленный дизайн и инжиниринг);

- **рост влияния крупных компаний-интеграторов**

— интеграторы берут под контроль все большие участки продовольственной системы (формирование глобальных цепочек создания добавленной стоимости);

- **современное сельское хозяйство перестает быть самостоятельным сектором (становится частью продовольственных систем)**

— кардинальные сдвиги в структуре занятости, необходимость формирования новой модели образования и рынка труда;

- **смещение ценностных ориентиров и факторов выбора**

— новые модели производства и распределения продукции,

— персонализация и кастомизация, рост популярности «фуд-дизайна», здорового питания, продуктов с улучшенными и заранее заданными свойствами,

— информационная составляющая становится важнейшим свойством продукта.

В этом году Россией экспортировано сельхозпродукции на сумму порядка 40 млрд долл., проинформировала эксперт. «И даже в условиях сохраняющихся санкций мы продолжаем работать на мировом рынке, увеличивая поставки продукции растениеводства — одного из ключевых направлений нашего экспорта», — сказала она. В настоящее время экспортное сотрудничество ведется на стремительно меняющихся рынках, отметила экономист. «На протяжении последних нескольких лет происходит изменение структуры потребления, — с одной стороны, в мире усиливается влияние крупных компаний-интеграторов, которые начинают работать «от поля до прилавка», с другой, у нас отмечаются сильные изменения в технологиях, — пояснила она. — Сельское хозяйство становится одним из инновационных секторов, использующих разработки в области IT, нано- и биотехнологий (межотраслевые знания, без которых невозможно создавать новые продукты)». Докладчик сообщила, что в перспективе новыми кросс-отраслевыми технологиями станут молекулярная генетика, клонирование и новые направления селекции — биофортификация, углеродное земледелие, растения-биореакторы, нанобионика, нанотранспорты, нанобиосенсоры (NBS), цифровые двойники — технология сенсоров, интернет вещей, а также ИИ (искусственный интеллект) и машинное обучение. «Кросс-отраслевые биотехнологии позволят, во-первых, вовлечь в селекционную работу недоступные/скрытые генетические ресурсы, во-вторых, управлять скрытыми факторами роста продуктивности и устойчивости к заболеваниям, в-третьих, надежно воспроизводить ценные признаки, в-четвертых, создавать сорта с принципиально улучшенными другими



свойствами, — прокомментировала она. — Все это в целом умножит эффективность создания новых сортов, ускорит процессы селекционной работы, сохранит конкурентоспособность в условиях будущей неопределенности». Новые нанотехнологии создадут условия для «умной» доставки активных веществ, мониторинга процессов на молекулярном и супрамолекулярном уровне, вовлечения в работу информации, которая находится за пределами человеческого наблюдения и когнитивных способностей, — а это откроет принципиально новые возможности мониторинга, управления и моделирования (роста рентабельности и снижения потерь, сокращения экологической нагрузки), отметила спикер.

«Говоря о ситуации, связанной с растениеводством в России, следует отметить, что перед нами стоят большие вызовы по генетике», — сказала эксперт. По ее данным, значительное количество посадочного материала принадлежит не российским компаниям. В частности, зависимость по поставкам семян сортов и гибридов составляет по сахарной свекле почти 100% и по картофелю — почти 90%. Сейчас наблюдается глубокая импортозависимость, за исключением некоторых зерновых, практически по всем ключевым культурам, из которых наиболее проблемными являются подсолнечник, кукуруза, соя и рапс, сообщила спикер. Она рассказала, что на рынке давно реализуются так называемые «пакетные» решения, — когда компании совместно с семенами предлагают технологии их возделывания и защиты. «Хорошо бы нам тоже такие пакетные решения разрабатывать», — заметила экономист.

В качестве основных задач по улучшению биологического потенциала растений, стоящих перед российскими селекционерами, эксперт отметила повышение урожайности растений, а также улучшение как качества продукции — вкуса, внешнего вида, химического состава, так и хозяйственно-ценных признаков культур, в том числе — устойчивости к вредителям и болезням, и к абиотическим факторам среды. Вопрос разработки новых продуктов и их внедрения — в числе наиболее актуальных сегодня, отметила она. Сейчас биологические средства защиты растений (БСЗР) на общем рынке биотехнологических решений в России занимают всего 10–12%, однако, с точки зрения потенциала роста и экспорта, это один из ключевых сегментов», — сказала спикер. По ее данным, рынок микробиологических СЗР



и удобрений в РФ, в 2015 году оцененный в 36 млн долл., в 2025 году может, в зависимости от пессимистичного или оптимистичного сценария развития событий, составить от 40 до 70 млн долларов. Пессимистичный прогноз включает стагнацию в растениеводстве, откат к уровню 2014–2017 годов, прекращение импорта, оптимистичный — устойчивое развитие данной отрасли, активное внедрение IPM-подходов (интегрированной защиты растений), рост популярности биометода, добавила эксперт.

Спикер выделила систему органического сельского хозяйства (ОСХ) как драйвер развития использования биотехнологий, напомнив, что в 2020 году в России вступил в силу закон об органическом сельском хозяйстве. В презентации она уточнила, что, согласно IFOAM — Международной конфедерации движений за органическое сельское хозяйство, ОСХ — это производственная система, которая улучшает экосистему, сохраняет плодородие почвы и улучшает здоровье человека. В качестве барьеров и ограничений ОСХ эксперт отметила снижение объемов производства по сравнению с интенсивным земледелием, повышение трудозатрат и времени механическими методами обработки полей, сокращение сроков хранения продукции и более высокую цену на конечную продукцию.

Надежда Орлова сообщила, что во всем мире последние два десятилетия используется так называемая интегрированная система защиты растений (мало распространенная в России), которая позволяет снизить нагрузку на конечную продукцию, сделав ее получение более устойчивым. Она обозначила ряд сильных сторон СЗР: устойчивую борьбу с вредителями, основанную на экосистемных услугах, их улучшение за счет сохранения базы природных ресурсов, сокращение содержания остатков пестицидов в продуктах питания, кормах и в окружающей среде, формирование знаний фермерских хозяйств о функционировании экосистем и адаптации к ним. Кроме того, в долгосрочной перспективе внедрение данной системы в практику приводит к снижению затрат на закупку пестицидов и повышению уровня доходов аграриев, резюмировала эксперт.

Ю.Г. Седова



ГАЛОЦЕН — ПЕРВЫЙ РОССИЙСКИЙ ПРЕПАРАТ ОТ КРИПТОСПОРИДИОЗА

Криптоспоридиоз (*Cryptosporidiosis*) — протозойное заболевание, вызываемое простейшими рода *Cryptosporidium*. Характеризуется поражением желудочно-кишечного канала, нарушением его пищеварительной и всасывательной функций, а также отказом от корма и рвотой. Несмотря на многообразие противопротозойных препаратов, криптоспоридиоз телят всё равно приносит значительный экономический ущерб предприятиям и хозяйствам.

В 2022 году компания «Апиценна» выпустила на рынок единственный отечественный препарат для лечения криптоспоридиоза «Галоцен», который приобрел широкую известность и стал №1 у ведущих ветеринарных специалистов.

«Галоцен» относится к лекарственным препаратам фармакотерапевтической группы антипротозойных средств. Галофугинон, входящий в состав препарата, — производный хиназолинона, оказывает криптоспориностатическое действие на стадии внутриклеточного развития паразита (спорозоиды, мерозоиды). «Галоцен» дают телятам (строго после кормления) перорально индивидуально с помощью шприца или выпаивают с индивидуальной порцией молозива (молока, ЗЦМ) в дозе 1 мл на 5 кг массы животного (соответствует 0,1 мг/кг галофугинона) один раз в сутки в течение 7 дней.

Для достижения максимального профилактического эффекта, снижения количества ооцист, выделяемых во внешнюю среду, и предотвращения распространения криптоспоридиоза «Галоцен» следует давать всем телятам в хозяйстве одновременно.

Особенности и преимущества «Галоцена»:

- высокая эффективность;
- доступная цена;
- отсутствие российских аналогов;
- быстрый лечебный эффект;
- снижение контаминации среды криптоспоридиями;
- в комплекте удобный дозатор.

Компания «Апиценна» совместно с Кубанским государственным аграрным университетом им. И.Т. Трубилина провела оценку переносимости «Галоцена» в терапевтической и повышенных дозах у телят. В процессе работы изучались клинические показатели животных, а также проводились биохимические и морфологические

исследования крови. Установлено, что длительное пероральное применение лекарственного препарата в терапевтической и двукратно повышенной терапевтической дозе не оказывает на организм телят токсического воздействия и нежелательного влияния на привесы молодняка.

У ИСТОКОВ СОВРЕМЕННОЙ ВЕТЕРИНАРИИ

Сегодня «Апиценна» — это современное высокотехнологичное предприятие с 14 производственными участками, автоматизированными складами сырья, упаковки и готовой продукции, а также лабораториями контроля качества и разработки новой продукции.

Продуктовый портфель «Апиценны» постоянно расширяется. В настоящий момент ассортимент продукции насчитывает более 240 наименований, что позволяет решить практически любую проблему, связанную со здоровьем мелких домашних и сельскохозяйственных животных, а также предоставлять партнерам и клиентам лучшую цену на продукцию.

ООО «Апиценна» входит в топ-3 российских компаний — производителей ветеринарных препаратов. Это помогает привлекать лучших сотрудников в штат компании, который насчитывает уже более 400 человек. Много внимания уделяется не только оборудованию, инженерным системам и процессам качества, но и обучению и развитию всего персонала организации.

Наличие сертификата GMP — это официальное подтверждение того, что ООО «Апиценна», согласно Приказу Минпромторга России от 14.06.2013 № 916 «Об утверждении Правил надлежащей производственной практики», обеспечивает производство продукции, соответствующей всем современным требованиям фармрынка.

В настоящее время компания «Апиценна» работает на территории всей России и семи стран (Беларуси, Узбекистана, Грузии, Казахстана, Молдавии, Армении, Киргизии) и является одним из лидеров рынка ветеринарной фармацевтики в России.

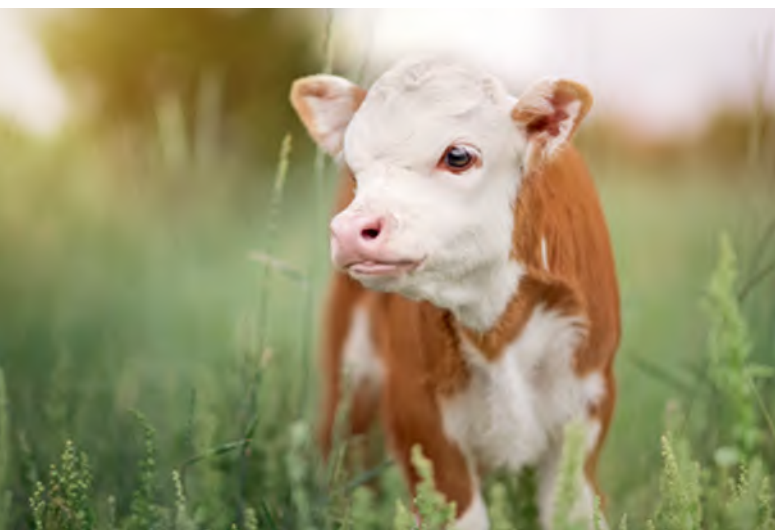
Компания применяет лучшие научные достижения и использует все ресурсы компании для улучшения здоровья и повышения качества жизни животных. Ветеринарная продукция производства ООО «Апиценна» удостоена рекомендаций лучших ветеринарных специалистов и работников зооиндустрии.

ООО «Апиценна»



<https://apicenna.ru/>

На правах рекламы



ГАЛОЦЕН®

Препарат для телят с лечебной и профилактической целью при криптоспориidioзе



Высокая эффективность:

- Препарат выбора при криптоспориidioзе
- Единственный российский препарат для лечения криптоспориidioза
- Быстрый лечебный эффект

Безопасность:

- Снижает контаминацию среды криптоспориidiaми

Удобство:

- Укомплектован современным дозатором



ИМЕЮТСЯ ПРОТИВПОКАЗАНИЯ. НЕОБХОДИМО ПРОКОНСУЛЬТИРОВАТЬСЯ СО СПЕЦИАЛИСТОМ.

apicenna
Ветеринарная фармацевтика



Реклама

РОССИЯ ВЫХОДИТ НА ПЕРВОЕ МЕСТО В МИРЕ ПО ОБЪЕМАМ ЭКСПОРТА ПОДСОЛНЕЧНОГО МАСЛА

В ходе VII конференции «Российское растениеводство. Осень 2023. Зерновые, масличные и сахарная свекла» состоялось обсуждение текущей ситуации в отрасли и перспектив ее дальнейшего развития. Конференция, приуроченная к завершению сбора основного объема нового урожая и сева озимых, прошла 27.10.2023 в Москве. Организатором мероприятия выступил информационно-аналитический портал Agrotrend.ru.

Управляющий партнер, главный редактор Agrotrend.ru Николай Лычев заострил внимание на ряде ключевых трендов сезона 2023/24, выделив в качестве драйверов растениеводства масличные, овощи и сахарную свеклу. Согласно его данным, РФ становится экспортером № 1 подсолнечного масла в мире, в структуре экспорта растет доля соевого и рапсового масел. В сезоне 2022/23 из России было вывезено 3,8 млн т подсолнечного масла (больше, чем в прошлом сезоне, на 26%), 662 тыс. т соевого (+18%) и 1,5 млн т рапсового (+69%) масел, уточнил спикер. В своей презентации он сделал акцент на сое как единственной из всех масличных культур устойчиво высокодоходной, что связано с высоким спросом со стороны животноводства — ее основного потребителя. Последние годы происходит рост посевных площадей под соей в стране, в частности в 2023 году ее было посеяно 3,55 млн га против прошлогодних 3,47 млн га, отметил он. РФ сохраняет статус нетто-импортера по данной культуре, в связи с чем экспортная пошлина в 20% практически не сказывается на внутренней цене, пояснил спикер. Также он отметил необходимость ускоренного, — с опережением мировых темпов, — развития и модернизации технологической платформы АПК.

Директор портала Sugar.ru Вадим Гомоз, выступая с докладом «Сахарный рынок России: итоги и перспективы», сообщил, что с начала XXI века в нашей стране наблюдается рост производства сахарной свеклы.

За последние несколько лет Российская Федерация вышла на средние показатели годового производства сахарной свеклы — свыше 40 млн т, уточнил он. Третий раз в новейшей истории отечественной сахарной промышленности (2017, 2019, 2023 годы) производство сахара значительно превышает внутреннее потребление, отметил спикер. «Рост эффективности сахарной отрасли обеспечили международная кооперация и возможность пользоваться передовыми западными технологиями», — пояснил он. Санкции Евросоюза вызвали переориентацию российского экспорта, например, свекловичный жом из РФ теперь не направляется в европейские страны, а экспортируется в Китай, Турцию и Марокко, сообщил докладчик. «Это показывает, что наша промышленность жива, что она находит варианты решения своих проблем», — сказал он. — Да, это дороже, потому что жом — товар дешевый. Одно дело — возить его в Европу из европейской части России, а совсем другое — гнать через всю страну железной дорогой в Китай, но, тем не менее, варианты решения данной проблемы находятся».

По данным эксперта, в настоящее время потребление сахара в России стабилизировалось на уровне 6 млн т в год. Специфика сезона 2023/24 заключается в высоких мировых ценах на сахар и низких — внутри нашей страны, отметил он. Так, себестоимость производства сахара из сахара-сырца в Казахстане и Узбекистане — около 77 руб./кг без пошлин и НДС, а текущая цена на сахар в России без НДС — 53 руб./кг. Масштабный экспорт российского сахара в соседние страны сдерживает, по мнению спикера, только логистика, в том числе отсутствие вагонов и низкая пропускная способность РЖД. Как результат, в сентябре 2023 года экспорт сахара автотранспортом впервые в новейшей российской истории превысил экспорт по железной дороге. Что касается объемов, то в сентябре 2023 года экспорт сахара из РФ составил порядка 80 тыс. т, а в октябре, по предварительным данным, он уже может превысить 100 тыс. т, отметил эксперт. Таким образом, сахарная отрасль России, несмотря на сложные геополитические условия, продолжает демонстрировать свою эффективность, заключил он.

Ю.Г. Седова





РОНКОЛЕЙКИН®



- Ронколейкин® производится в условиях GMP (сертификат выдан в 2021 году).
- Ронколейкин® содержит рекомбинантный интерлейкин-2.
- Ронколейкин® - эффективный и безопасный препарат патогенетической терапии, применяемый в лечении и профилактике болезней домашних и сельскохозяйственных животных.

РЕКЛАМА
BIOTECH

Тел. 8 (812) 603-27-98
www.vet.biotech.spb.ru
vet@biotech.spb.ru



ЦИТОКИНОТЕРАПИЯ В БОРЬБЕ С НЕКРОБАКТЕРИОЗОМ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА

В.Н. Егорова

ORCID: 0000-0001-7136-3632

Некробактериоз крупного рогатого скота (КРС) — сложное системное заболевание инфекционного характера. Несмотря на выполнение профилактических и оздоровительных мероприятий, некробактериоз распространен повсеместно и наносит животноводству значимый экономический ущерб, приводя к потере молочной продуктивности, массы тела (до 40%) и значительной выбраковке стада (до 60%). Особенно остро эта проблема возникает при интенсификации животноводства. Уровень заболеваемости некробактериозом в хозяйствах РФ составляет около 4% от общего поголовья КРС, до 22–30% — среди завезенных импортных животных.



Патогенез некробактериоза представляет типичную послераневую инфекцию, вызываемую бактерией *Fusobacterium necrophorum*. Из внешней среды инфекция попадает в организм животного при нарушении целостности наружных покровов (микротрещины, открытые раны). Носителями возбудителя длительное время остаются переболевшие животные, присутствует бактерия и в рубце жвачных животных. Показано, что доброкачественное или злокачественное течение заболевания непосредственно зависит от уровня резистентности организма КРС. В группу риска по данному заболеванию входит молодняк КРС, первотелки, коровы перед отелом и в ранний лактационный период.

По данным исследований отечественных и зарубежных авторов, некробактериоз протекает на фоне ослабленной резистентности организма животного с проявлениями вторичного иммунодефицита. Прогрессированию заболевания сопутствуют нарушения в системе иммунореактивности, которые проявляются снижением поглотительной и переваривающей активности макрофагов, нарушением эффекторных функций Т-лимфоцитов и В-лимфоцитов, нарушением взаимоотношения факторов клеточного и гуморального иммунитета. Генерализованная форма заболевания характеризуется критическим ростом уровня в крови цитокинов ФНО- α и ИЛ-1 β (в 16–18 раз), что отражает синдром системного воспалительного ответа. Сочетание некробактериоза с другими бактериальными и вирусными заболеваниями приводит к развитию системной иммунодепрессии.

Наблюдаемые нарушения системы иммунореактивности при некробактериозе указывают на патогенетическую обоснованность применения иммуномодуляторов

препаратов. В настоящий момент иммуномодулирующие средства лечения некробактериоза включают применение гипериммунных сывороток, вакцинацию и цитокинотерапию. Последний подход к лечению некробактериоза КРС является наиболее перспективным и обнадеживающим. В силу слабой иммуногенности *F. necrophorum* на сегодняшний день эффективность вакцинации не превышает 60%.

Препарат **Ронколейкин**[®] (рекомбинантный интерлейкин-2, rIL-2) является аналогом естественного компонента иммунорегуляции, обладает многофакторной иммунокорригирующей активностью. Интерлейкин-2 наряду с другими эндогенными цитокинами играет ключевую роль в регуляции врожденного и приобретенного иммунитета. Эффективность воздействия rIL-2 на иммунную систему не зависит от биологической организации инфекционного возбудителя, а определяется характером и глубиной иммунных расстройств.

Таблица 1. Основные иммуномодулирующие эффекты препарата **Ронколейкин**[®]

Составляющие системы иммунореактивности	Влияние rIL-2
Синтез эндогенного интерлейкина-2	усиление
Клональная пролиферация лимфоцитов (Т- и В-клетки)	усиление
Функциональная активность Т-хелперных лимфоцитов	усиление
Цитотоксическая активность естественных киллерных клеток и цитотоксических Т-лимфоцитов	усиление
Активность мононуклеарных фагоцитов и антиген-презентирующих клеток	усиление
Синтез плазматическими клетками специфических иммуноглобулинов большинства изотипов	усиление
Апоптоз мононуклеарных клеток	ослабление

Таблица 2. Результаты применения препарата **Ронколейкин®** при лечении некробактериоза КРС

Животноводческое хозяйство	Степень тяжести заболевания	№ голов	№ введений, способ введения #	Интервал между введениями	Выбраковано животных
СПК им. Н.К. Крупской	средней тяжести	50	№ 1 внутривенно	10 дней	0
	тяжелое	19	№ 2 внутривенно	10 дней	4*
	очень тяжелое	5	№ 3 внутривенно	10 дней	3*
ООО «Агрофирма Агротис» филиал «Павловский»	средней тяжести	7	№ 3 внутривенно	10 дней	0
	тяжелое	4	№ 3 внутривенно	10 дней	1*
МТФ «Куваево» АОЗТ «Захарьевское»	средней тяжести	5	№ 3 внутривенно	7 дней	1**

Примечание: # Возможно подкожное введение препарата в той же дозировке; * животные были выбракованы ввиду слабых признаков улучшения и экономической нецелесообразности дальнейшего лечения; ** животное было отправлено в забой, так как получило рану в области копыта повторно в результате травмы.

Ронколейкин® применяют как для лечения инфекционной патологии, так и при проведении вакцинации.

Оценка эффективности включения препарата **Ронколейкин®** в состав лечения некробактериоза КРС было проведено в нескольких животноводческих хозяйствах: СПК им. Н.К. Крупской Мелекеского района Ульяновской области, ООО «Агрофирма Агротис» филиал «Павловский» Марьинского района Донецкой области и МТФ «Куваево» АОЗТ «Захарьевское» Камышовского района Свердловской области. Суммарно обследованы 90 животных (табл. 2).

Все взятые для исследований животные ранее получали лечение от некробактериоза общепринятыми методами (инъекции антибактериальными препаратами, наружные обработки). Положительный результат от этого лечения не был достигнут. Всем животным **Ронколейкин®** вводили внутривенно в дозе 1000 МЕ/кг курсом 1–3 введения (в зависимости от тяжести заболевания) с интервалом 7–10 дней.



Применение **Ронколейкина®** способствовало восстановлению иммунореактивности животного, ускорило процессы регенерации тканей и заживления раны. Введение **Ронколейкина®** в состав лечения некробактериоза позволяет снизить процент выбраковки животных даже при очень тяжелом течении заболевания. Совместное применение **Ронколейкина®** и антибактериальных препаратов, к которым чувствителен возбудитель *F. necrophorum*, ускорило процесс выздоровления животных.

Включение **Ронколейкина®** в состав комплексного лечения некробактериоза КРС одобрено на основании Рекомендаций Департамента ветеринарии Минсельхоза России (2009 г.).

В существующей эпизоотической ситуации в животноводческих хозяйствах очевидной необходимостью является применение комплексного подхода к лечению некробактериоза КРС. Использование только оздоровительных и профилактических мероприятий, местного и парентерального использования антибактериальных препаратов недостаточно. Системные нарушения иммунореактивности требуют применения средств иммуностропного воздействия, к которым относится препарат **Ронколейкин®**. Использование **Ронколейкина®** позволяет снижать потерю продукции, раннюю выбраковку животных, потерю племенной ценности, повышать рентабельность производства. Возможно совместное применение **Ронколейкина®** с антибактериальными препаратами и одновременной вакцинацией КРС.



РОНКОЛЕЙКИН®

ООО «НПК «БИОТЕХ»

198516, г. Санкт-Петербург,
Санкт-Петербургский пр-т, 60,
литера Л

Тел. +7 (812) 603-27-98

vet@biotech.spb.ru

НАДЕЖНАЯ ПРОФИЛАКТИКА ИНФЕКЦИОННЫХ БОЛЕЗНЕЙ КОНЕЧНОСТЕЙ, КЛОСТРИДИОЗОВ И МАСТИТОВ У ОВЕЦ

Клостридиозы, болезни конечностей и маститы причиняют значительные проблемы в овцеводстве.

Инфекционная энтеротоксемия овец. Остропротекающая болезнь, вызываемая токсинами микроорганизмов *Cl. perfringens* типов С и D, возникает при расстройствах функций желудочно-кишечного тракта, сопровождающихся бурным размножением возбудителя в кишечнике. Встречается у животных всех возрастов. Болезнь характеризуется симптомами поражения центральной нервной системы.

Инфекционный некротический гепатит овец (черная болезнь). Остропротекающая токсикоинфекция, характеризующаяся местными некротическими поражениями печени, вызванными токсинами *Cl. Novyi*, и протекающая в виде энзоотий. Диагностируется у животных в возрасте от 2 до 4 лет. Обычно их находят павшими.

Злокачественный отек (газовая инфекция). Остропротекающая неконтагиозная болезнь, встречающаяся повсеместно у животных всех видов. Болезнь полимикробной этиологии, основными возбудителями которой принято считать *Cl. perfringens*, *Cl. novyi* и *Cl. septicum*.

Копытная гниль. В основном хроническая болезнь овец, проявляющаяся воспалением кожи межкопытной щели, гнилостным распадом роговой ткани, отслоением рога копыт и, как следствие, хромотой. Возбудитель копытной гнили овец — *D. nodosus*. Копытной гнилью болеют взрослые животные обоих полов, реже — молодняк после отъема. Бараны-производители и пробники болеют тяжелее.

Инфекционный мастит овец. Остропротекающая контагиозная болезнь. Проявляется гангренозным поражением молочной железы и тяжелой интоксикацией организма. Основные возбудители — патогенный стафилококк *Staphylococcus aureus ovinus* и *Pasteurella haemolytica* биотипов А и Т. Мастит у овец могут вызывать и другие микроорганизмы и их ассоциации: эшерихии, протей, клостридии и т. д. К заболеванию восприимчивы овцематки. Заболевание возникает через 2–3 недели после окота и постепенно нарастает с увеличением количества лактирующих животных. Затухает в конце лактационного периода (после отъема ягнят). В неблагополучных хозяйствах заболевание носит стационарный характер. Высокая летальность (до 50–80%) наблюдается только у мелкого рогатого скота.

Вакцинация животных является признанным способом сокращения затрат на ветеринарный сервис. Благодаря разработке вакцин возможно успешно бороться с распространенными в хозяйстве заболеваниями.

При формировании хозяйств промышленного типа с большой концентрацией скота на ограниченных площадях встает необходимость в сжатые сроки получить

поголовье животных, невосприимчивых одновременно к нескольким инфекциям.

Цель исследований — создать эффективный препарат из циркулирующих на территории РФ штаммов значимых заболеваний овец, обеспечивающий формирование иммунитета одновременно к нескольким инфекциям.

Ассоциированные вакцины, созданные с учетом иммунологической совместимости антигенов, повышают их профилактическую эффективность, кроме этого, обеспечивают экономию за счет снижения затрат труда, материалов, транспортировки. Рациональные схемы их применения снижают потери продуктивности и потери в весе от воздействия стресс-факторов, связанных с иммунизацией животных.

На ФКП «Ставропольская биофабрика» была разработана модель инактивированной вакцины. В отличие от живой вакцины, она хорошо ассоциируется с другими антигенами, что позволяет оптимизировать схемы вакцинаций по количеству вводимых инъекций.

Задачи исследования: определить иммуногенную активность вакцины «Панвак» на естественно-восприимчивых животных; определить влияние вакцины «Панвак» на течение беременности и тератогенные действия на развивающийся плод у естественно-восприимчивых животных.

Профилактическая эффективность вакцины «Панвак»

При изучении напряженности иммунитета вакцины против инфекционных болезней конечностей, клостридиозов и маститов мелкого рогатого скота были проведены исследования на взрослых овцах и суягных овцематках.

В хозяйстве были сформированы две группы овец (по 120 голов). Опытной группе вакцину вводили первый раз за 45–50 дней, повторно — за 25–30 до предполагаемого окота в дозе 2 см³ с интервалом 21 день. Контрольным животным вводили физиологический раствор в той же дозе.

Критерием оценки являлось количество случаев заболевания овец инфекционными заболеваниями конечностей, маститами и клостридиозами в опытной и контрольной группах через 1, 3 и 6 месяцев после вакцинации. Результаты исследований представлены в таблице 1.

За весь период наблюдения случаев заболевания клостридиозами в опытной группе не наблюдали, в то время как в контрольной группе было зафиксировано до

Таблица 1

Группа животных	Клостридиозы, гол/%			Болезни конечностей, гол/%			Маститы, гол/%
	1 мес.	3 мес.	6 мес.	1 мес.	3 мес.	6 мес.	в течение мес. после окота
Опытная	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	1/0,8	1/1,6
Контрольная	7/5,8	4/3,2	9/7,5	56/46,6	69/57,5	78/65	14/11,6

9 случаев злокачественного отека с поражением матки и вымени.

Исследования показали, что заболевание во всех случаях было вызвано ассоциацией анаэробных микроорганизмов, включая *Cl. perfringens*, *Cl. septicum*, *Cl. oedematies*. Результаты подтверждают, что препарат индуцирует выраженный напряженный иммунитет, позволяющий предотвратить заболевание.

Как видно из результатов (табл. 1), проведенная иммунизация позволила резко сократить количество инфекционных осложнений при заболеваниях конечностей у овец в подопытных группах. Так, в период проведения исследований поражения копыт и межкопытной щели наблюдали до 65% животных в контрольной группе. Такой высокий процент объясняется ни только отсутствием иммунитета, но и тем, что отдельные животные болели по два-три раза. У иммунизированных овец опытной группы на 6-й месяц заболело одно животное.

Исследования показали, что заболевание во всех случаях было вызвано ассоциацией анаэробных микроорганизмов, включая *Cl. perfringens*, *F. necrophorum*, *A. pyogenes* и *S. aureus*. Результаты подтверждают, что препарат индуцирует выраженный напряженный иммунитет, позволяющий предотвратить заболевание даже на фоне носительства возбудителей инфекций.

Маститы у овец выявлялись только в первый месяц после окота и составили 1,6% в опытной группе, 11,6% — в контрольной. При этом проведенное бактериологическое исследование позволило установить, что в опытной группе маститы были вызваны гемолитическими культурами *Escherichia coli* и микоплазмами, тогда как в контрольной группе, помимо микоплазма и эшерихий, выявлялись культуры *Staphylococcus aureus*. В последующий период (до ревакцинации) маститы у овец в обеих группах не выявляли, что связано с физиологическими особенностями, естественным выкармливанием молодняка и низкой молочной продуктивностью.

Кроме того, в рамках апробации препарата изучалось влияние вакцины «Панвак» на течение суягности, а также отсутствие у вакцины тератогенного действия.

Критерием оценки безвредности вакцины являлись отсутствие у вакцинированных животных абортос после применения препарата, количество полученного жизнеспособного приплода, а также отсутствие у молодняка, полученного от вакцинированных животных, каких-либо врожденных уродств и патологий.

Результаты исследований представлены в таблице 2. В период наблюдения у вакцинированных овец абортос не зафиксировано, тогда как у животных контрольной

Таблица 2

Группа животных	Кол-во овец	Кол-во абортос	Кол-во полученных ягнят, гол.	Кол-во выживших ягнят, гол./%	Кол-во ягнят с патологиями
Опытная	120	0	223	216/96,9	0
Контрольная	120	3	208	171/82,2	0

группы были отмечены три случая абортирования плодов в последней трети суягности. В опытной группе от 120 овцематок опытной группы было получено 223 жизнеспособных ягненка, из которых выжили до шестимесячного возраста 216 голов (96,9%). Гибель 7 ягнят была связана с болезнями органов желудочно-кишечного тракта и травматизмом.

Возбудители клостридиозов и другие микроорганизмы, входящие в состав вакцины, при проведении бактериологического исследования патологического материала от павших животных не выявлены. Заболевание органов ЖКТ вызвано геморрагическими эшерихиями, что не связано с вакцинацией. В контрольной группе от 120 овец получено 208 жизнеспособных ягнят, отмечено 37 случаев гибели ягнят, из них 20 — в неонатальный период с поражением органов ЖКТ.

Исследования показали, что причиной заболевания является ассоциированное течение эшерихиоза и анаэробной энтеротоксемии, вызванной *Cl. perfringens* типа C. Остальные ягнята погибли в более поздние сроки от стрептококкоза, вызвавшего поражение суставов и органов дыхательной системы. Каких-либо уродств и врожденных аномалий развития у полученных ягнят, как в опытной, так и в контрольной группе, выявлено не было.

Таким образом, вакцина безопасна для суягных овец, не вызывает абортос, не обладает тератогенным действием. Полученные от вакцинированных овец ягнята были жизнеспособны и не имели врожденных аномалий развития. Образовавшийся уровень колостральных антител обеспечил выживание ягнят в опытной группе на 14,7% выше, чем в контрольной группе.

Применение вакцины «Панвак»

Вакцина обеспечивает формирование иммунитета к инфекционным болезням мелкого рогатого скота, вызванным бактериями видов *D. nodosus*, *F. necrophorum*, *S. aureus*, *St. pyogenes*, *A. pyogenes*, *Clostridium perfringens* типов C и D, *Cl. Novyi* типа B, через 14–16 дней после двукратного введения, который сохраняется не менее 6 месяцев.

Вакцинации подлежит мелкий рогатый скот с трехмесячного возраста. Вакцину вводят подкожно в области шеи или надколенной кожной складки в дозе 2,0 см³ (двукратно) с интервалом 21–24 дня. При необходимости проводят ревакцинацию в дозе 2,0 см³ через каждые 5–6 месяцев.

Преимущества вакцины: комплексная защита против инфекционных болезней конечностей, клостридиозов и маститов мелкого рогатого скота; вызывает формирование иммунитета у овец через 14–16 дней после повторного введения; продолжительность иммунитета не менее 6 месяцев; защищает от возбудителей, выделенных на территории РФ и стран СНГ; срок годности вакцины — 18 месяцев; качество междугородного уровня, соответствует требованиям GMP.

Гевлич О.А., к. б. н.,
ФКП «Ставропольская биофабрика»
gevlich@stavbio.ru



На правах рекламы

ВОССТАНОВЛЕНИЕ МИКРОФЛОРЫ КИШЕЧНИКА У ПОРОСЯТ-ОТЪЕМЫШЕЙ

На 3–5-й день после отъема нередко регистрируют послеотъемную диарею поросят, которая может продолжаться до 7 дней и приводит к истощению, снижению потребления корма, усвояемости питательных веществ, обезвоживанию, ацидозу и часто заканчивается гибелью. Называют несколько предрасполагающих факторов и причин возникновения послеотъемной диареи: сниженное содержание материнских антител в молоке свиноматки, изменение подходов к менеджменту содержания поросят, условий водопоя, процентного соотношения компонентов корма и типа кормления, высвобождение кортизола, факторов развития воспаления, стрессовое состояние от формирования группы поросятами из разных гнезд и др.

Послеотъемная диарея обычно вызывается оппортунистическими микроорганизмами, в частности энтеротоксигенными штаммами *Escherichia coli* (ETEC). Присутствие ротавирусов и других патогенов, циркулирующих на комплексе, значительно повышает риски развития заболевания.

Состояние эпителия кишечника играет важную роль в сохранении и поддержании здоровья организма. Это основной барьер между внутренней средой и патогенами. Снаружи эпителий защищен кислотой желудка и пищеварительными ферментами, неспецифическими антимикробными веществами и антителами IgA, слоем кишечной слизи, покрывающим поверхность слизистой оболочки.

ETEC проникают в кишечник новорожденных поросят разными путями: через молочную железу свиноматки, бессимптомных носителей, посредством контактов с загрязненным оборудованием свинарника и через инструментарий. У взрослых особей желудок является эффективным барьером для кишечной палочки, у поросят-отъемышей среда желудка и двенадцатиперстной кишки менее кислая, а выработка пищеварительных ферментов снижена, что создает благоприятную среду для проникновения и размножения ETEC.

Основная стратегия предотвращения возникновения послеотъемной диареи — использование антибиотиков. Однако ограничения на применение антибиотиков в профилактических целях, растущая устойчивость к ним микроорганизмов заставили пересмотреть необходимость ввода этой группы препаратов в схему борьбы с послеотъемной диареей. У свиноголовья здоровье всего организма связано на 70% со здоровьем кишечника. Антибиотики воздействуют не только на болезнетворную, но и на полезную микрофлору, что ведет к дисбактериозу, при котором снижается резистентность организма. При применении антибиотиков нарастает интоксикация организма, нарушается моторная функция кишечника, сокращаются синтез витаминов и усвоение минералов.

В последние годы возникает интерес к альтернативным подходам адаптации к процессу отъема — включению в рацион растительных экстрактов, эфирных масел, кормовых ферментов, а также органических кислот, про-, пре- и синбиотикам.

Пребиотики — это неусвояемые компоненты пищи, которые благотворно влияют на организм, избирательно стимулируя рост и активность бактерий в толстом отделе кишечника.

Многочисленными исследованиями была показана роль пребиотиков в предотвращении или снижении роста колоний некоторых патогенных микроорганизмов в кишечнике: сальмонелл, кишечной палочки, клостридий, кандид, листерий. Добавление в рацион пребиотиков снижает продукцию аммиака, pH содержимого толстого кишечника, на 50–60% повышается всасывание Ca из пищи. Пребиотики могут препятствовать прикреплению патогенов к кишечной стенке, косвенно влияя на иммунную систему, стимулируя рост полезной микробиоты, также воздействуют напрямую, взаимодействуя с рецепторами на плазматической мембране клеток-хозяев, особенно макрофагов и антигенпрезентирующих клеток.

Достаточно эффективный и неоднократно проверенный в работе пребиотик лактулоза — вещество, избирательно стимулирующее рост и активность лакто- и бифидомикрофлоры кишечника.

Лактулоза, попадая в организм, не расщепляется в верхнем отделе желудочно-кишечного тракта по причине отсутствия там необходимых ферментов, а проходит сразу же в толстый кишечник, после чего используется бифидобактериями в качестве питательной среды.

Рост колоний и активность кисломолочных бактерий в толстом отделе кишечника под действием лактулозы способствуют: повышению усвояемости корма; повышению концентрации и сохранности в просвете толстого кишечника органических кислот, витаминов, гормонов и других биологически активных веществ, необходимых организму; подавлению жизнедеятельности патогенной микрофлоры; переводу аммиака в неабсорбируемую слизистой оболочкой кишечника ионную форму; обеспечению обратной диффузии аммиака из крови в просвет толстого кишечника, что предотвращает аммиачное отравление организма.

Использование лактулозы в кормлении поросят-отъемышей позволяет развиваться полезной микрофлоре и опередить заселение отдела толстого кишечника патогенной микрофлорой, обеспечивая высокий иммунный и физиологический статус животного до конца жизненного цикла.

Кормовая добавка «Ветелакт» содержит сбалансированный набор лактулозы (не менее 50%) и сопутствующих сахаров — лактозы и галактозы.

В исследованиях Л. Скворцовой (2007 г.) установлено, что при профилактическом применении кормовой добавки «Ветелакт» поросятам опытной группы живая масса в 21-дневном возрасте была выше показателя контрольной группы на 2,07 кг. В конце опыта

(в 60-дневном возрасте) этот показатель составил 25,15 кг и был выше контрольного на 7,01 кг, или на 38,6%. Сохранность поголовья в опытной группе была 90% против 70% в контрольной группе.

Изучено влияние кормовой добавки «Ветелакт» для предупреждения развития дисбактериоза у поросят. Было использовано 25 поросят 20-дневного возраста. Животным проводили полный клинический осмотр, делали общеклинический анализ крови, копрологические исследования, в результате чего был поставлен диагноз: дисбактериоз.

Отмечено, что сроки восстановления животных группы, где вводили в рацион «Ветелакт», сократились с двух недель до 3–10 дней. Микробиологические и биохимические исследования в опытной группе по сравнению с контролем показали улучшение микробиоценоза и обмена веществ, что проявилось улучшением аппетита, общего состояния и увеличением прироста живой массы поросят.

Учитывая, что поросята могут пить воду с первого дня жизни, добавление пребиотика поможет сформировать нормофлору кишечника. У подсосных свиноматок добавка помогает в переваривании высокоэнергетических кормов, повышает всасывание полезных элементов, снижает клиническое проявление ММА, связанное с энергетическим дисбалансом. В результате применения данного способа профилактики повышался процент сохранности подсосных поросят (в среднем на 0,6–0,9%), средний вес на голову — на 2,9–4,5%. Клинические случаи проявления ММА снижались на 16,4–18,5%.

Кормовую добавку применяют внутрь индивидуальным и групповым методом с кормом, молоком или кипяченой остуженной водой. Поросятам, взрослым свиньям добавку применяют из расчета 0,1 мл «Ветелакта» на 1 кг массы животного ежедневно в течение 30 дней.

Для восстановления ворсинчатого эпителия кишечника совместно с «Ветелактом» можно вводить в воду кормовую добавку «Кисорг». В составе кормовой добавки содержится комплекс органических кислот. За счет снижения уровня pH в воде для поения, кормах, а также в желудочно-кишечном тракте животных добавка подавляет развитие патогенных бактерий и плесневых грибов, способствуя уменьшению возникновения и развития гнилостных процессов. Применение кормовой добавки с водой для поения и кормом обеспечивает изменение кислотности до уровня 4,0–4,5, необходимо для подавления патогенной микрофлоры, улучшения качества воды и кормов, оптимизации процессов пищеварения. Оказывая раздражающее действие, добавка усиливает деятельность пищеварительных желез. То есть наряду с бактерицидными и бактериостатическими свойствами добавка, помимо обеззараживания воды для поения и кормов, способствует улучшению переваримости питательных веществ кормов, тем самым повышая продуктивность и сохранность поголовья.

К.О. Попов, ведущий ветеринарный врач, специалист по свиноводству, ООО «АВЗ С-П»

В.А. Титов, руководитель отдела технической поддержки и маркетинга ООО «АВЗ С-П»

А.В. Миرونенко, к. в. н. ФГАУ ВО «Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы»

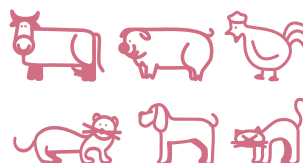
ВЕТЕЛАКТ

СИРОП

Кормовая добавка для нормализации микрофлоры кишечника и оптимизации процессов пищеварения у животных

ВОССТАНАВЛИВАЕТ:

- микрофлору кишечника
- ворсинчатый эпителий
- ослабленный иммунитет



ДЛЯ СВИНОВОДСТВА:

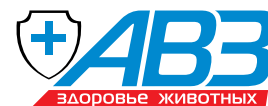
- профилактирует послеотъемную диарею поросят
- препятствует размножению сальмонелл
- восстанавливает эпителий кишечника при илеите поросят
- снижает интоксикацию организма, угнетая образование и абсорбцию азотсодержащих токсинов
- стимулирует рост собственной микрофлоры и моторику кишечника

ДЛЯ ЖИВОТНОВОДСТВА:

- снижает количество острых кишечных заболеваний у новорожденных телят
- восстанавливает микрофлору после антибиотикотерапии респираторных заболеваний и болезней ЖКТ
- повышает уровень естественной резистентности организма

СОСТАВ:

лактозула — не менее 50%,
лактоза и другие углеводы



НЕ ЯВЛЯЕТСЯ ЛЕКАРСТВЕННЫМ СРЕДСТВОМ

Реклама. ООО «АВЗ С-П» Россия, 129329, Москва, Игарский проезд, д. 4, стр. 2, (495) 648-26-26, help@vetmag.ru
Телефон круглосуточной «Горячей линии»: 8-800-700-19-93. Номер Р.У: 77/32-2-27.13-5873 №ПВР-2-27.13/02959

WWW.AVZVET.RU

ЦИФРОВЫЕ ПАСПОРТА ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ И ЖИВОТНЫХ НА ОСНОВЕ БЛОКЧЕЙНА

В настоящее время одним из наиболее актуальных направлений развития цифровой экономики является внедрение технологии блокчейн — распределенного реестра в сфере учета и прослеживаемости пищевой продукции и животных. Цель данной работы заключалась в теоретическом обосновании перспектив применения технологии блокчейн для разработки и внедрения цифровых паспортов пищевой продукции и животных в Российской Федерации с точки зрения повышения прозрачности производственных цепочек и обеспечения законодательных требований в области безопасности и качества продовольствия.

Был проведен анализ зарубежного и отечественного опыта реализации проектов, направленных на внедрение цифровых паспортов на основе технологии блокчейн. В качестве материалов для исследования были использованы открытые источники информации о текущих проектах и инициативах в данной сфере.

В настоящее время повышение прозрачности производственных цепочек и обеспечение комплексной прослеживаемости продукции и животных на всех этапах производства, переработки, хранения, транспортировки и реализации являются важными задачами. Сейчас в мире реализуются десятки проектов в сфере цифровых паспортов на блокчейне. В ряде стран, включая Китай, страны ЕС, внедряются национальные системы прослеживаемости на этих технологиях.

Одно из перспективных направлений внедрения систем прослеживаемости на блокчейне в России — разработка пилотных проектов в сельскохозяйственных регионах страны. Так, в 2020 году Минсельхозом РФ был запущен эксперимент по созданию цифровых паспортов для молочной продукции в рамках внедрения АИС «Электронный молочный двор».

По состоянию на 2023 год в систему были подключены более 1200 молочных ферм из 18 субъектов РФ

с общим поголовьем свыше 130 тыс. голов КРС. При этом ежегодный объем передаваемой в систему информации составил более 6 млн записей о животных, качестве и объемах производимой продукции.

Следующим этапом должно стать расширение системы на этапы переработки и реализации молока, а также интеграция с другими отраслями животноводства и растениеводства. Одним из наиболее масштабных проектов такого рода является китайская платформа Baosight Blockchain, запущенная в 2020 году. Ежегодно в нее интегрируются данные о более 250 млн головах свиней, птицы и КРС из 13 провинций страны. К 2025 году ожидается охват свыше 70% объема производства в ключевых отраслях. Среди зарубежных проектов в сфере прослеживаемости рыбы и морепродуктов наибольший масштаб имеет исландская система Ocean.legal, запущенная в 2021 году. Ежегодно в нее загружается информация о 320 тыс. т рыбной продукции на сумму свыше 200 млн долл. США. При этом объемы прослеживаемости растут на 20% ежеквартально.

В Европе показательным стал проект возрождения рыболовства Балтийского моря. С 2017 года 80% улова в регионе осуществляется под контролем эстонской системы Farmchain, охватывающей информацию



о 70 предприятиях отрасли. За три года ее функционирования объемы незаконного вылова сократились на 45%, а доходы рыбаков выросли на 22%.

В Латинской Америке наиболее успешно модель прослеживаемости на блокчейне развернута в Чили. С 2019 года через платформу Fruttrack.io отслеживается 60% экспорта фруктов страны, включая данные о 190 тыс. т яблок, груш и абрикосов на сумму 97 млн долл. При этом удалось сократить количество отклонений в качестве продукции на 12%.

Проведя анализ текущей ситуации в Российской Федерации, можно сказать следующее: в 2020 году объем производства пищевой продукции в РФ составил 27,4 млн т на сумму 5,6 трлн руб., из них на долю молочной продукции пришлось 4,9 млн т (17,9%), мяса — 9,4 млн т (34,3%), зерна — 117,3 млн т (42,7%); текущий уровень прослеживаемости не превышает 25% на этапах переработки и реализации. Так, в 2021 году эффективная система трассировки была реализована только для 12,5% объемов молока и 7,8% мясной продукции.

Наиболее продвинутыми регионами в части цифровизации являются: Белгородская область (в 2023 г. запущен проект AgroNet на базе Hyperledger Fabric, объединяющий данные о 100 фермерах и 25 переработчиках); Краснодарский край (с 2021 г. действует система SmartAgroChain с охватом 12 предприятий молочного подкомплекса); Республика Татарстан (на базе платформы Agridigital ведется отслеживание урожая зерновых на площади 150 тыс. га).

Однако в целом по РФ масштабы внедрения пока несопоставимы с зарубежным опытом. Эффективизация этого процесса имеет важное значение для развития отечественного АПК.

Дальнейшее расширение проектов цифровых паспортов и прослеживаемости в России должно включать следующие направления:

1. Завершение формирования единой государственной системы учета и отслеживания сельскохозяйственных животных. По состоянию на 2023 год в нее были интегрированы данные о 32,5 млн голов КРС из 76 регионов, однако охват других видов сельскохозяйственной птицы и животноводства не превышает 23%.

2. Запуск региональных пилотных проектов прослеживаемости от фермы до прилавка в ключевых аграрных секторах. На начальном этапе целесообразно охватить: молочную продукцию в Белгородской, Тверской, Курской областях (объем производства — не менее 820 тыс. т в год); растениеводческую продукцию в Краснодарском крае, Ростовской области, Республике Башкортостан (площадь посевов — более 2,5 млн га).



3. Разработка концепции построения единого цифрового контура «от поля до стола» путем интеграции блокчейн-сервисов в единую цифровую платформу с мультивалютным расчетным блоком.

4. Запуск трансграничных проектов прослеживаемости продовольствия с ведущими торговыми партнерами России: Китаем, Турцией, Италией, Германией. Объем экспорта подлежащей трассировке продовольственной продукции — минимум 5 млн т в год.

5. Создание центров компетенций и технологических площадок для разработки отраслевых решений и подготовки квалифицированных кадров в области цифровых паспортов на блокчейне.

Перспективы использования технологий распределенного реестра для разработки и внедрения цифровых паспортов пищевой продукции и животных в России являются весьма многообещающими: эксперты прогнозируют, что к 2026 году объем производства, подлежащий цифровой прослеживаемости, может составить не менее 30% от общего объема российской продовольственного рынка в размере более 8 млн т.

Реализация предложенных в настоящей работе рекомендаций может способствовать значительному повышению прозрачности производственных цепочек и обеспечению конкурентных преимуществ отечественных товаропроизводителей.

Тронин С. А., к.э.н., доцент
ФГБОУ ВО «Финансовый университет при Правительстве
Российской Федерации»
tron1977@rambler.ru

Хин Чо Пак
Университет Южной Кореи, Йонсей бизнес-школа
khinchopak@yonsei.ac.kr

Список использованной литературы

1. Анищенко А.Н. «Умное» сельское хозяйство как перспективный вектор роста аграрного сектора экономики России // Продовольственная политика и безопасность. 2019. № 2. С. 97–108.
2. Буклагин Д.С. Цифровые технологии управления сельским хозяйством // Международный научно-исследовательский журнал. 2021. № 2 (104). С. 136–144.
3. Годин В.В., Белоусова М.Н., Белоусов В.А., Терехова А.Е. Сельское хозяйство в цифровую эпоху: вызовы и решения // E-Management. 2020. № 1. С. 34–42.
4. Очирова Т.Ч. Государственная поддержка фермерства в рамках федеральных проектов // Молодой ученый. 2021. № 2 (344). С. 264–266.
5. Фазылова С.С., Яркова Т.М. Цифровизация в сельском хозяйстве региона как инструмент развития // Креативная экономика. 2020. № 8. С. 1737–1748.
6. Шифрин И.О. Цифровизация сельскохозяйственного производства в целях повышения эффективности сельскохозяйственных предприятий Пензенской области // Московский экономический журнал. 2020. № 6. С. 39–46.

ПРИМЕНЕНИЕ БЛОКЧЕЙНА ДЛЯ УЧЕТА И МОНИТОРИНГА ЗЕМЕЛЬНЫХ И ВОДНЫХ РЕСУРСОВ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Система учета и контроля за использованием природных ресурсов в аграрном секторе РФ остается недостаточно эффективной. Множество проблем связано с отсутствием централизованной базы данных, возможностью манипулирования информацией и коррупционными рисками. Предлагается рассмотреть возможность использования распределенного реестра блокчейна для создания прозрачной системы учета земель и водоемов, а также отслеживания их использования конкретными сельхозпроизводителями и организациями.

В настоящее время вопросы эффективного использования и контроля за состоянием природных ресурсов, в первую очередь земель и воды, стоят чрезвычайно остро для российского сельского хозяйства. По официальным данным Росстата, сейчас около 25% пахотных земель в РФ подвержены эрозии, а более 7 млн га пригодных для ведения сельского хозяйства участков деградированы. В то же время более 60% оросительных систем нуждаются в модернизации.

Одна из ключевых проблем — отсутствие единой и прозрачной системы учета всех земельных и водных ресурсов страны, а также контроля за их использованием. Рассматривается предложение о создании такой системы на базе технологии блокчейна — распределенного реестра. Данная технология позволит обеспечить достоверность, неизменность и прозрачность информации об объектах недвижимости и водоемах на основе консенсуса всех участников системы.

Использование распределенной технологии блокчейн для системы учета и мониторинга земельных и водных ресурсов в российском агропромышленном комплексе может принести ряд значительных практических выгод. В частности, согласно официальной

статистике Минсельхоза РФ, на данный момент система государственного кадастра насчитывает более 7500 различных нарушений целостности информации о земельных участках. В 70% случаев эти ошибки и неточности возникают в результате недобросовестных действий чиновников или посторонних лиц, осуществляющих несанкционированное изменение границ участков.

Переход на блокчейн позволит исключить подобные нарушения, так как любая попытка внести недостоверные изменения будет незамедлительно выявлена остальными участниками системы. По расчетам Федерального агентства геодезии и картографии, устранение только 10% выявленных ошибок в кадастровых данных обеспечит ежегодный рост сельскохозяйственного производства на 15 млн т зерна и картофеля.

Что касается мониторинга за состоянием водных ресурсов, то здесь блокчейн способен решить целый ряд задач, включая отслеживание количества воды в оросительных каналах и водоемах, контроль за соблюдением лимитов на водопотребление, фиксацию фактов загрязнения водоисточников и многое другое.



По данным региональных ведомств, в настоящий момент около 40% всех оросительных систем в России функционируют с перерасходом воды более чем на 15% от заложенной нормы. Автоматический контроль в рамках блокчейн-системы позволит снизить этот показатель как минимум на 10 п. п.

Что касается финансовой составляющей, то годовая экономия бюджетных средств от сокращения коррупции в сфере землепользования и водопользования, по оценкам Министерства финансов РФ, может превысить 10 млрд руб., а в денежном выражении объем дополнительно произведенной сельхозпродукции — более 200 млрд руб. ежегодно. Эти цифры убедительно демонстрируют огромный потенциал внедрения современных технологий, таких как блокчейн, для модернизации и повышения эффективности отрасли.

Проведен анализ экспериментальных данных перевода учета земельных и водных ресурсов в пяти пилотных регионах РФ на технологию блокчейн в течение полугодового периода. В ходе тестирования системы были собраны следующие количественные и качественные показатели ее работы и достигнутых результатов:

в Новосибирской области за 6 месяцев с помощью смарт-контрактов была оцифрована информация о 42 тыс. земельных участков сельскохозяйственного назначения общей площадью 1,2 млн га. Доля объектов с совпадающими координатами и границами в векторных картах по сравнению с исходными данными кадастра возросла с 76 до 98%;

в Курской области аналогичные показатели для 12 тыс. полей, ферм и прочих объектов составили 82% и 96% соответственно, при этом число выявленных расхождений в базе данных уменьшилось с 825 до 121 единицы;

в Ставропольском крае с помощью системы отслеживалось состояние 36 мелиоративных систем общей протяженностью 852 км. Благодаря автоматическому контролю удалось зафиксировать 12 фактов кражи воды с объемом свыше 2200 куб. м и восстановить естественный расход воды;

в Амурской области на блокчейн была переведена информация о 132 мелких водоемах общим объемом более 882 тыс. куб. м. С помощью протокола IoT удалось снизить случаи загрязнения воды на 17% по сравнению с аналогичным периодом прошлого года;

в Кемеровской области благодаря цифровизации данных о 49 угодьях была устранена 151 ошибка в указании границ, площадей и прочих характеристик.



Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о высокой эффективности технологии блокчейн для нужд мониторинга и учета ресурсов агропромышленного сектора.

Подводя итоги исследования, можно сделать ряд теоретических и практических выводов.

С теоретической точки зрения использование распределенных реестров блокчейна позволяет решить давно назревшую задачу цифровизации и автоматизации процессов учета земельных и природных ресурсов в агропромышленном секторе РФ.

Децентрализованная структура блокчейна обеспечивает необходимые свойства прозрачности, достоверности и неизменности информации, тогда как консенсусный подход к валидации данных исключает возможность манипуляций.

С практической точки зрения перспективы внедрения такой системы, судя по результатам эксперимента в пяти регионах, весьма многообещающие. За 6 месяцев удалось значительно повысить качество и целостность базы данных, автоматизировать мониторинг и выявить ряд нарушений. Экономический эффект в виде сокращения издержек и повышения производительности также превысил прогнозные оценки.

Кучковская Н. В., к.э.н., доцент
ФГБОУ ВО «Финансовый университет при Правительстве
Российской Федерации»
nk2@list.ru

Хин Чо Пак
Университет Южной Кореи, Йонсей бизнес-школа
khinchopak@yonsei.ac.kr

Список использованной литературы

1. Ahmed S.M., Kovala B., and Gunjan V.K., IoT based automatic plant watering system through soil moisture sensing — a technique to support farmers cultivation in Rural India // *Advances in Cybernetics, Cognition, and Machine Learning for Communication Technologies*. 2020. pp. 259–268.
2. Alfandi O., Otoum S., and Jararweh Y., Blockchain solution for iot-based critical infrastructures: byzantine fault tolerance // *Proceedings of the NOMS 2020/IEEE/IFIP Network Operations and Management Symposium*. 2020. pp. 1–4.
3. Chen C.L., Lim Z.Y., Liao H.C., Deng Y.Y., and Chen P. A traceable and verifiable tobacco products logistics system with GPS and RFID technologies // *Applied Sciences*. 2021. vol. 11. no. 11. p. 4939.
4. Iwendi C., Maddikunta P.K., Lakshmana K., Bashir A.K., and Piran M.J., A metaheuristic optimization approach for energy efficiency in the IoT networks // *Software: Practice and Experience*. 2021. vol. 51. no. 12. pp. 2558–2571.
5. Белоус Н.М. Брянская область-регион с интенсивно развивающимся АПК / Н.М. Белоус, С.А. Бельченко, В.Е.Ториков, А.А. Осипов, В.В. Ковалев // *Вестник Брянской ГСХА*. 2022. № 1(89). С. 3–11. URL: <https://www.bgsha.com/download/education/library/v1-2022.pdf>
6. Гаранин Н.А., Белов Ю.С. Защита устройств интернета вещей (IoT) с помощью блокчейн-фреймворка Hyperledger fabric // В сборнике: *Научное обозрение. Технические науки*. 2021. С. 17–21.
7. Гасанов Г.А., Гасанов Т.А., Алемсегова Г.К. Проект «Цифровое сельское хозяйство» и его финансовое обеспечение в условиях экономической нестабильности // *Региональные проблемы преобразования экономики*. 2021. № 6(123). С. 54–63.
8. Куприяновский В.И., Намиот Д.Е., Синягов С.А., Добрынин А.П. О работах по цифровой экономике // *Конвергентные когнитивно-информационные технологии: Труды I Международной научно-практической конференции. (Convergent-2016)*. — М., 2016. С. 243–249.
9. Улезько А.В. Трансформационные эффекты перехода к цифровой экономике / А.В. Улезько, М.А. Жукова, В.В. Реймер // *Экономика сельского хозяйства России*. 2019. № 2. С. 14–21. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=37033253>

Б.В. Виолин¹ ✉
М.Б. Ребезов²

¹Всероссийский научно-исследовательский институт ветеринарной санитарии, гигиены и экологии — филиал Федерального научного центра «Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии им. К.И. Скрябина и Я.П. Коваленко Российской академии наук», Москва, Россия

²Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова Российской академии наук, Москва, Россия

✉ agrovetpress@inbox.ru

Поступила в редакцию:
16.12.2023

Одобрена после рецензирования:
25.12.2023

Принята к публикации:
09.01.2024

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-378-1-40-51

Boris V. Violin¹ ✉
Maksim B. Rebezov²

¹All-Russian Research Institute of Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology — a branch of the Federal State Budget Scientific Institution "Federal Scientific Centre VIEV", Moscow, Russia

²V.M. Gorbato Federal Research Center for Food Systems of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

✉ agrovetpress@inbox.ru

Received by the editorial office:
16.12.2023

Accepted in revised:
25.12.2023

Accepted for publication:
09.01.2024

Анализ публикационной активности журнала «Аграрная наука» за 2023 год

РЕЗЮМЕ

Для анализа текущего состояния журнала «Аграрная наука», перспектив его развития и коррекции редакционной политики представлены некоторые показатели публикационной активности журнала за 2023 г.

За 2023 год в 12 номерах журнала «Аграрная наука» были опубликованы 248 научных статей в четырех представленных разделах — «Агрономия», «Зоотехния и ветеринария», «Агроинженерия и пищевые технологии», «Экономика», что составляет в среднем 20,7 статьи в одном номере.

Редакция предоставляет открытый и бесплатный доступ ко всем материалам, размещенным в номерах журнала.

Среднее количество авторов в научной статье журнала «Аграрная наука» — 3,2 человека. За 2023 год количество публикаций с участием иностранных авторов составило 15 статей (6% от общего количества), а самой активной зарубежной страной среди публикующихся в журнале за 2023 г. является Казахстан — 73 % от общего числа публикаций среди иностранных авторов.

Среднее количество источников в библиографических списках научных статей журнала за 2023 г. составляет 17,2 ссылки.

Основными авторами статей являются кандидаты наук (или PhD) — 47,1% от общего числа авторов. Количество публикаций, профинансированных из различных научных фондов или грантов, — 119, или 49% от общего числа.

Ключевые слова: публикационная активность журнала, редакционная политика, научные издания, научные публикации, статистический анализ

Для цитирования: Виолин Б.В., Ребезов М.Б. Анализ публикационной активности журнала «Аграрная наука» за 2023 год. *Аграрная наука*. 2024; 378(1): 40–51.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-378-1-40-51>

© Виолин Б.В., Ребезов М.Б.

Analysis of publication activity of the journal “Agrarian Science” for 2023

ABSTRACT

To analyze the current state of the journal “Agrarian Science”, the prospects for its development and correction of editorial policy, some indicators of the journal’s publication activity for 2023 are presented.

In 2023, 248 scientific articles were published in 12 issues of the journal “Agrarian Science” in four sections presented in the journal — Agronomy; Animal Science and Veterinary Medicine; Agroengineering and food technologies; Economics, which is an average of 20.7 articles per issue.

The editorial board provides open and free access to all materials published in the issues of the magazine.

The average number of authors in a scientific article of the journal “Agrarian Science” is 3.2 people. In 2023, the number of publications with the participation of foreign authors amounted to 15 articles (6% of the total number), and Kazakhstan is the most active foreign country among those published in the journal in 2023 — 73% of the total number of publications among foreign authors.

The average number of sources in the bibliographic lists of scientific articles of the journal for 2023 is 17.2 references.

The main authors of the articles are candidates of sciences (or PhD) — 47.1% of the total number of authors. The number of publications funded from various scientific foundations or grants is 119, or 49% of the total number.

Key words: publication activity of the journal, editorial policy, scientific publications, scientific publications, statistical analysis

For citation: Violin B.V., Rebezov M.B. Analysis of publication activity of the journal “Agrarian Science” for 2023. *Agrarian science*. 2024; 378(1): 40–51 (In Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-378-1-40-51>

© Violin B.V., Rebezov M.B.

Введение/Introduction

Наука — это основной двигатель качественного развития человечества, а потому является объектом внимания со стороны государства [1–3]. Опубликованные и признанные мировым академическим сообществом результаты исследований отражают состояние науки в стране¹.

Федеральный закон Российской Федерации № 127-ФЗ² определяет государственную научно-техническую политику как «составную часть социально-экономической политики, указывает цели, направления и формы деятельности органов государственной власти в области науки и техники». Данный закон рассматривает научные публикации как продукты научной и научно-технической деятельности, которые содержат новые знания или решения и зафиксированы на информационном носителе. С развитием науки и признанием роли науки в жизни современного общества усиливается глобальная научно-технологическая конкуренция, а следовательно, и возрастает значение публикационной активности как части научно-исследовательской деятельности [4–6].

Публикация в авторитетных международных изданиях — показатель успешной деятельности ученого и научных коллективов. Такая работа является источником новых знаний и идей, а также доступна для рецензирования, анализа и экспериментальной проверки со стороны других исследователей, которые могут иметь как разные сферы научных интересов, так и альтернативные подходы к рассматриваемой проблеме. Практика открытых публикаций является основой общественной ценности и целостности науки, что в итоге увеличивает степень доверия общества в целом к науке и научному методу. Открытость статей для ознакомления, оценки и критики позволяет судить об актуальности и перспективности проводимых исследований, а количество цитирований, ссылок и просмотров свидетельствует о степени интереса к рассматриваемой проблеме и признания результатов [4, 7].

В Государственной программе «Научно-технологическое развитие Российской Федерации» № 377 отмечалось³, что число публикаций российских авторов с 2012 по 2020 г., число их же, индексируемых в Web of Science Core Collection, выросло почти в два раза, но на фоне усилившейся международной конкуренции и санкций эти результаты выглядели достаточно скромно.

В 2020 году удельный вес Российской Федерации в общемировом числе публикаций, индексируемых в Web of Science Core Collection, составил 2,9%, тогда как удельный вес КНР и США — 22,3% и 21,8% всех публикаций мира соответственно.

В сложившейся международной обстановке мы видим необходимость привлечения иностранных исследователей для публикации в отечественных журналах, что повысит удельный вес и презентабельность российской науки. Это в свою очередь откроет перспективы расширения международного научного сотрудничества [7].

Рейтинг научно-теоретического журнала определяется уровнем библиометрических показателей и в значительной степени зависит от редакционной политики, публикационной активности и повышения качества публикуемого материала. Это позволяет определить ценность периодического издания, его вовлеченность в мировое научное пространство, а также возможность скорректировать научную политику журнала, направленную на расширение его читательской аудитории и повышение качества публикуемых материалов, что в свою очередь ведет к улучшению научно-технического процесса и качественным изменениям жизни общества [6–9].

Любая научная статья научно-теоретического журнала представляет собой уникальную информационную единицу с определенной структурой. Помимо собственно научной информации (описание изучаемой проблемы, методология исследования, полученные результаты и их обсуждение), в ней содержатся метаданные, позволяющие проводить детальный анализ научных исследований в соответствующей области, их особенности и географическую локализацию, финансирование и аффилиацию автора. Эти данные помогают увидеть полную картину текущего состояния публикационной активности журнала [10, 11].

Для уточнения вектора редакционной политики с целью увеличения рейтинга и презентабельности журнала на отечественной и международных площадках научно-теоретических изданий выполнен анализ публикационной активности журнала «Аграрная наука».

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Рецензируемый научно-теоретический журнал «Аграрная наука» (далее по тексту — журнал) публикует результаты научно-исследовательской и научно-практической деятельности ученых, научных сотрудников вузов, научных организаций, аспирантов и специалистов промышленных предприятий. Издается ежемесячно.

Редакция журнала выпускает печатное (ISSN 0869-8155) и электронное издание⁴ (ISSN 2686-701X).

Журнал включен в перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий⁵, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук, в список периодических изданий Международной базы данных AGRIS, в систему Российского индекса научного цитирования (РИНЦ), в ядро РИНЦ.

Журнал является членом Ассоциации научных редакторов и издателей (АНРИ). Всем размещаемым в журнале публикациям присваивается DOI.

Журнал имеет четыре раздела по следующим научным направлениям: «Агрономия», «Зоотехния и ветеринария», «Агроинженерные и пищевые технологии», «Экономика» (табл. 1).

¹ Фейерабенд П. Избранные произведения по методологии науки. Москва. 1986; 543.

² Федеральный закон от 23.08.1996 № 127-ФЗ «О науке и государственной научно-технической политике» (с изм. на 16.04.2022). Собрание законодательства Российской Федерации. 1996; 35. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/9028333> (дата обращения: 11.12.23).

³ Постановление Правительства РФ от 29 марта 2019 г. № 377 «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Научно-технологическое развитие Российской Федерации»» (с изм. и доп. от: 31 марта 2020 г., 31 марта, 11 сентября, 22 октября 2021 г., 9 декабря 2022 г.). — URL: <https://base.garant.ru/72216664/> (дата обращения: 12.12.2023).

⁴ Сайт журнала. — URL: <https://www.vetpress.ru/jour/index> (дата обращения: 12.12.2023).

⁵ Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (по состоянию на 24.10.2023). — URL: <https://vak.minobrnauki.gov.ru/uploader/loader?type=19&name=91107547002&f=21051> (дата обращения: 12.12.2023).

Журнал публикует статьи в соответствии с утвержденной номенклатурой научных специальностей ВАК Минобрнауки России (приказ от 24.02.2021 № 118)⁶.

Для продвижения журнала редакция активно использует интернет-сайты и социальные сети, в том числе такие как:

- Отраслевой портал «Аграрная наука»⁷.
- Телеграм-канал «Издательский дом «Аграрная наука»»⁸.

Подписка на электронную версию журнала — бесплатная.

Редакция отправляет pdf номера журнала на имейл подписчика⁹.

Объект исследования — публикационная активность журнала «Аграрная наука», предмет исследования — массив статей, представленных в издании за 2023 г.

Материалом для исследования являлись статистические данные, полученные после анализа необходимой информации в статьях журнала за 2023 г. Полученные данные анализировались с применением проблемно-тематического и системного анализа.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Основные задачи редакционной коллегии журнала¹⁰ — организация научного рецензирования поступающих материалов, организация научного и

литературного редактирования материалов, формирование содержания текущего номера издания. Именно коллегия определяет и отвечает за состояние и качество выпускаемого материала. Деятельность коллегии серьезно влияет на рейтинг научного журнала, поэтому необходимо учитывать разнообразие специалистов с разными сферами научных интересов, а также формировать интернациональный состав [12–15].

В таблице 2 представлена аффилиация членов редакционной коллегии журнала по состоянию на 16.12.2023.

Таблица 1. Научные разделы журнала
Table 1. Scientific sections of the journal

Шифр и наименование области науки	Научный раздел журнала	Шифр	Наименование научной специальности
4. Сельскохозяйственные науки	Агрономия	4.1.1	Общее земледелие и растениеводство
		4.1.2	Селекция, семеноводство и биотехнология растений
		4.1.3	Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений
		4.1.4	Садоводство, овощеводство, виноградарство и лекарственные культуры
	Зоотехния и ветеринария	4.2.1	Патология животных, морфология, физиология, фармакология и токсикология
		4.2.2	Санитария, гигиена, экология, ветеринарно-санитарная экспертиза и биобезопасность
		4.2.3	Инфекционные болезни и иммунология животных
		4.2.4	Частная зоотехния, кормление, технологии животноводства
		4.2.5	Разведение, селекция, генетика и биотехнология животных
	Агроинженерия и пищевые технологии	4.3.1	Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса
		4.3.3	Пищевые системы
5. Социальные и гуманитарные науки	Экономика	5.2.3	Региональная и отраслевая экономика

Таблица 2. Аффилиация членов редакционной коллегии журнала в 2023 г.
Table 2. Affiliation of the journal's editorial board members in 2023

Научный раздел журнала	Организация	Страна	Количество членов редколлегии журнала
1	2	3	4
Агрономия	Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства и виноделия, г. Краснодар	Россия	2
	Западно-Казахстанский аграрно-технический университет им. Жангир хана, г. Уральск	Казахстан	1
	Университет Конкук, г. Сеул	Южная Корея	1
	Андижанский институт сельского хозяйства и агротехнологий, г. Андижан	Узбекистан	1
	Университет Яунде I, г. Яунде	Камерун	1
	Центральная научная сельскохозяйственная библиотека, г. Москва	Россия	1
	Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, г. Пушкин	Россия	1
	Российский государственный аграрный университет — МСХА им. К.А. Тимирязева, г. Москва	Россия	1
	Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, г. Пушкин, г. Санкт-Петербург	Россия	1
	Федеральный научный селекционно-технологический центр садоводства и питомниководства, г. Москва	Россия	1
	Башкирский государственный аграрный университет, г. Уфа	Россия	1
	Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук, г. Волгоград	Россия	1
	Ульяновский научно-исследовательский институт сельского хозяйства им. Н.С. Немцева, г. Ульяновск	Россия	1

⁶ Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 24.02.2021 № 118 «Об утверждении номенклатуры научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени, и внесении изменения в Положение о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, утвержденное приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 10 ноября 2017 г. № 1093». — URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202104060043> (дата обращения: 11.12.2023).

⁷ URL: <https://agrarayanauka.ru/> (дата обращения: 12.12.2023).

⁸ URL: <https://t.me/agrariancience> (дата обращения: 12.12.2023).

⁹ URL: <https://agrarayanauka.ru/category/jurn/> (дата обращения: 12.12.2023).

¹⁰ URL: <https://www.vetpress.ru/jour/pages/view/EditorialC> (дата обращения: 12.12.2023).

1	2	3	4
Зоотехния и ветеринария	Южно-Уральский государственный аграрный университет, г. Троицк	Россия	3
	Федеральный научный центр животноводства — ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста, пос. Дубровицы, Московская обл.	Россия	2
	Башкирский государственный аграрный университет, г. Уфа	Россия	2
	Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии — МВА им. К.И. Скрябина, г. Москва	Россия	2
	Уральский государственный аграрный университет, г. Екатеринбург	Россия	2
	Оренбургский государственный аграрный университет, г. Оренбург	Россия	2
	Курганский государственный университет, г. Курган	Россия	2
	Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ), г. Москва	Россия	2
	Союз промышленников и предпринимателей Туркменистана, г. Ашхабад	Туркменистан	1
	Сельскохозяйственный университет, г. Фейсалабад	Пакистан	1
	Университет Эйрланга, г. Сурабая	Индонезия	1
	Университет ветеринарии и фармацевтики в Брно, г. Брно	Чехия	1
	Иранская научно-исследовательская организация по науке и технологиям, г. Тегеран	Иран	1
	Западно-Казахстанский аграрно-технический университет им. Жангир хана, г. Уральск	Казахстан	1
	Казахский научно-исследовательский институт животноводства и кормопроизводства, г. Алматы	Казахстан	1
	Таразский региональный университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз	Казахстан	1
	Казахский научно-исследовательский институт животноводства и кормопроизводства, г. Алматы	Казахстан	1
	Институт животноводства Национальной академии аграрных наук Украины, г. Харьков	Украина	1
	Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству, г. Жодино	Беларусь	1
	Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины, г. Витебск	Беларусь	1
	Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства Российской академии наук, г. Сергиев Посад	Россия	1
	Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова Российской академии наук, г. Москва	Россия	1
	Прикаспийский зональный научно-исследовательский ветеринарный институт, г. Махачкала	Россия	1
	Российский государственный аграрный университет — МСХА им. К.А. Тимирязева, г. Москва	Россия	1
	Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону	Россия	1
	Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина, г. Краснодар	Россия	1
Агроинженерия и пищевые технологии	Город научных исследований и технологических приложений (SRTA-City), г. Александрия	Египет	3
	Сельскохозяйственный университет Фейсалабада, г. Фейсалабад	Пакистан	1
	Маврикийский университет, г. Редут	Маврикий	1
	Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности, г. Алматы	Казахстан	1
	Университет Сфакса, г. Сфакс	Тунис	1
	Политехнический институт Мальды, г. Мальда	Индия	1
	Университет Лучиана Блага в Сибиу, г. Сибиу	Румыния	1
	Азербайджанский государственный аграрный университет, г. Гянджа	Азербайджан	1
	Региональный университет Блюменау, г. Блюменау	Бразилия	1
	Сельчукский университет, г. Сельчуклу-Конья	Турция	1
	Университет Кебангсаан Малайзия, г. Банги	Малайзия	1
	Балтийский федеральный университет им. Иммануила Канта, г. Калининград	Россия	1
	Российский государственный аграрный университет — МСХА им. К.А. Тимирязева, г. Москва	Россия	1
	Национальный исследовательский университет ИТМО, г. Санкт-Петербург	Россия	1
	Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева, г. Орёл	Россия	1
	Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, г. Владивосток	Россия	1
	Оренбургский государственный университет, г. Оренбург	Россия	1
	Южно-Уральский государственный аграрный университет, г. Троицк	Россия	1
	Майкопский государственный технологический университет, г. Майкоп	Россия	1
	Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, г. Омск	Россия	1
Экономика	Университет Туран, г. Астана	Казахстан	1
	Институт экономики, г. Алматы	Казахстан	1
	Национальная академия наук, г. Минск	Беларусь	1
	Институт экономики и организации промышленного производства, г. Новосибирск	Россия	1
	Российский государственный аграрный университет — МСХА им. К.А. Тимирязева, г. Москва	Россия	1
	Северо-Кавказский федеральный университет, г. Ставрополь	Россия	1
	Кубанский государственный аграрный университет, г. Краснодар	Россия	1

Можно отметить большое разнообразие географических локаций специалистов: помимо 20 субъектов Российской Федерации (рис. 1) в редакционной коллегии представлены представители научного сообщества 21 зарубежной страны (рис. 2).

За 2023 год в 12 номерах журнала были опубликованы 248 научных статей, что составляет в среднем 20,7 статьи в одном номере. Наибольшее количество статей (42,3%) опубликовано в разделе «Зоотехния и ветеринария» (рис. 3). В журнале воссоздан раздел «Экономика», где опубликованы 6,4% от общего количества статей (табл. 3).

Стоит отметить и повышение публикационной активности с июля по октябрь, а самым продуктивным месяцем оказался сентябрь — 32 статьи в девятом номере журнала.

Все научные статьи, поступившие в редакцию журнала, проходят обязательное рецензирование¹¹. Для рецензирования привлекались ученые из России и Казахстана. Всего для публикации в журнале в 2023 г. поступило 308 научных рукописей: опубликовано — 248, обоснованных отказов от публикации — 60 (19,48%). Среднее время рецензирования — 36 дней.

За 2023 год среднее количество авторов в научной статье журнала составляет 3,2 человека. Можно отметить, что в разделе «Зоотехния и ветеринария» наибольший средний показатель количества авторов статьи — 4,1 человека, а в разделе «Экономика» — наименьший (2,5 человека) (табл. 4, рис. 4).

Лидерами среди авторов публикаций за 2023 г. с общим количеством публикаций 25 и более являются исследователи из: Уральского государственного аграрного университета, г. Екатеринбург; Федерального исследовательского центра животноводства — ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста, пос. Дубровицы, г. о. Подольск, Московская обл.; Федерального научного центра пищевых систем им. В.М. Горбатова Российской академии наук, г. Москва.

В научном разделе «Агрономия» больше всего публикаций было от авторов из ФНЦ агробиотехнологий Дальнего Востока. им. А.К. Чайки, г. Уссурийск — 7, в разделе «Зоотехния и ветеринария» — от Уральского государственного аграрного университета, г. Екатеринбург — 24, в разделе «Агроинженерия и пищевые технологии» — от Уральского государственного аграрного университета, г. Екатеринбург, и ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова Российской академии наук, г. Москва — 8. В разделе «Экономика» количество публикаций от любых организаций — 1 или 2.

Стоит отметить, что наблюдается охват по стране в целом: представлены организации многих регионов России (табл. 5–8).

Рис. 1. Количественный состав российских членов редакционной коллегии журнала (по субъектам Российской Федерации) в 2023 г.

Fig. 1. Quantitative composition of Russian members of the editorial board of the journal (by constituent entities of the Russian Federation) in 2023

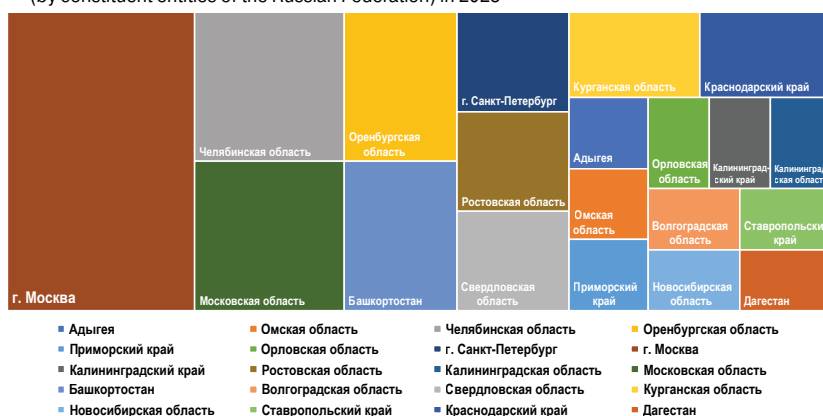


Рис. 2. Количественный состав иностранных членов редакционной коллегии журнала (по странам) в 2023 г.

Fig. 2. Quantitative composition of foreign members of the journal's editorial board (by country) in 2023



Рис. 3. Соотношение публикаций по научным разделам журнала в 2023 г.

Fig. 3. Ratio of publications by scientific sections of the journal in 2023

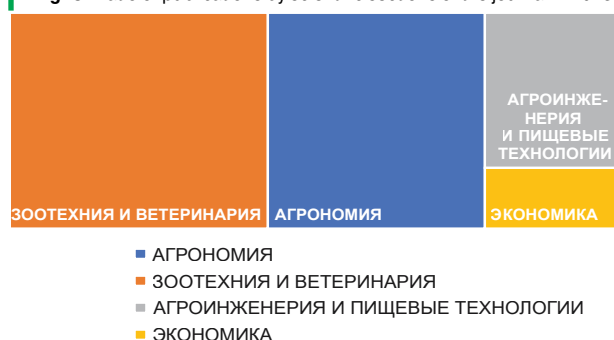
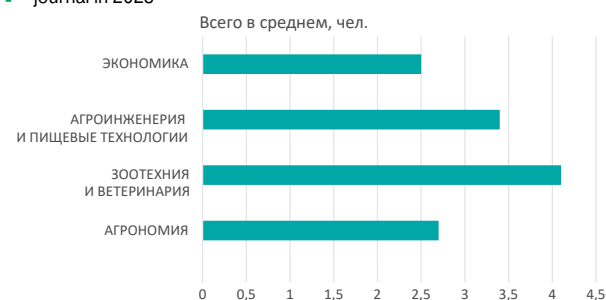


Рис. 4. Среднее количество авторов в статьях по научным разделам журнала в 2023 г.

Fig. 4. Average number of authors in articles in scientific sections of the journal in 2023



¹¹ URL: <https://www.vetpress.ru/jour/about/editorialPolicies#custom-0> (дата обращения: 13.12.2023).

Таблица 3. Количество опубликованных статей по научным разделам и номерам журнала в 2023 г.

Table 3. Number of published articles by scientific sections and issues of the journal in 2023

Научный раздел журнала	Номер журнала											
	1-й	2-й	3-й	4-й	5-й	6-й	7-й	8-й	9-й	10-й	11-й	12-й
	Количество статей, шт.											
Агрономия	5	6	5	5	5	4	9	9	15	10	6	7
Зоотехния и ветеринария	7	8	9	10	9	7	7	9	8	11	11	9
Агроинженерия и пищевые технологии	2	2	2	3	3	5	7	2	8	2	2	3
Экономика	1	1	3	1	1	1	2	1	1	4	0	0
Всего	15	17	19	19	18	17	25	21	32	27	19	19

Таблица 4. Среднее количество авторов в статьях по номерам и научным разделам журнала в 2023 г.

Table 4. Average number of authors in articles by issue and scientific section of the journal in 2023

Научный раздел журнала	Количество авторов по номерам журнала											
	1-й	2-й	3-й	4-й	5-й	6-й	7-й	8-й	9-й	10-й	11-й	12-й
Агрономия	2,6	2,3	3,2	2,0	1,8	2,0	3,3	2,7	3,1	2,7	2,7	3,7
Зоотехния и ветеринария	4,4	3,6	4,4	4,0	3,6	4,0	4,1	3,3	5,6	2,9	4,7	4,5
Агроинженерия и пищевые технологии	3,5	4,0	3,0	3,7	4,7	5,0	4,0	2,5	4,4	2,5	1,5	2,3
Экономика	3,0	2,0	3,0	1,0	2,0	2,0	4,0	3,0	2,0	3,2	—	—
В среднем по номеру	3,4	3,0	3,4	2,7	3,0	3,2	3,9	2,9	3,8	2,8	3,0	3,5

Таблица 5. Распределение количества публикаций по организациям в разделе «Агрономия» за 2023 г.

Table 5. Distribution of the number of publications by organization in the «Agronomy» section for 2023

Название организации, страна	Кол-во статей	№ журнала, в котором опубликована статья
1	2	3
ФНЦ агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки, Уссурийск, Россия	7	9, 11
Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр, Михайловск, Ставропольский край, Россия	6	2, 3, 6, 7, 9, 11
ФНЦ лубяных культур, Тверь, Россия	6	5, 7, 8, 10
Аграрный научный центр «Донской», Ростовская обл., Россия	5	4, 7, 8, 10, 12
Институт семеноводства и агротехнологий — филиал Федерального научного агроинженерного центра ВИМ, Рязанская область, Россия	5	2, 3, 5, 8
Татарский НИИ агрохимии и почвоведения — подразделение ФИЦ КазНЦ РАН, Казань, Россия	4	11, 12
Башкирский НИИСХ — подразделение Уфимского ФИЦ РАН, Уфа, Россия	3	5, 7, 10
Дагестанская селекционная опытная станция виноградарства и овощеводства — филиал ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНЦ садоводства, виноградарства, виноделия», Дербент, Россия	3	4, 6, 12
Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва, Россия	3	6, 7, 10
Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт сорго и кукурузы «Россорго», Саратов, Россия	3	1, 7, 12
Федеральный аграрный научный центр Республики Дагестан, Махачкала, Россия	3	6, 8
Анапская зональная опытная станция виноградарства и виноделия — филиал Северо-Кавказского ФНЦ садоводства, виноградарства, виноделия, Анапа, Россия	2	2, 10
Дальневосточный ГАУ, Благовещенск, Амурская область, Россия	2	9
ВНИИ селекции плодовых культур, Орловская область, Россия	2	5, 9
ВНИИ сои, Благовещенск, Россия	2	1, 9
НИИ аграрных проблем Хакасии, Республика Хакасия, Россия	2	3, 4
Новгородский НИИСХ — филиал Санкт-Петербургского ФИЦ РАН, Новгородская область, Россия	2	1, 9
Орловский ГАУ им. Н.В. Парахина, Орел, Россия	2	2, 9
Северо-Кавказский НИИ горного и предгорного сельского хозяйства — филиал ФЦ «Владикавказский научный центр РАН», Северная Осетия — Алания, Россия	2	10
Северо-Кавказский ФНЦ садоводства, виноградарства, виноделия, Краснодар, Россия	2	2, 12
Северо-Казахстанская сельскохозяйственная опытная станция, с. Шагала, Казахстан	2	7, 8
Федеральный научный селекционно-технологический центр садоводства и питомниководства, Москва, Россия	2	6, 11
ФНЦ биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН, Владивосток, Россия	2	9, 12
Башкирский ГАУ, Уфа, Россия	1	10
Брянский ГАУ, Брянск, Россия	1	10
Вологодский институт права и экономики ФСИН России, Вологда, Россия	1	9
Вологодский научный центр РАН, Вологда, Россия	1	9
ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии, Санкт-Петербург, Россия	1	8
ВНИИ пищевых добавок — филиал ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН, Санкт-Петербург, Россия	1	8
Дагестанский институт повышения квалификации кадров АПК, Махачкала, Россия	1	7
Донской ГАУ, Ростовская область, Россия	1	1
Зазеркалье, Вологодская область, Россия	1	9
Ингушский ГУ, Магас, Россия	1	7
Институт агрономических наук, Бужумбура, Бурунди	1	12
Институт биохимии и генетики — подразделение Уфимского ФИЦ РАН, Уфа, Россия	1	5
Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия	1	12
Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина, Астана, Казахстан	1	8
Красноярский ГАУ, Красноярск, Россия	1	9
Красноярский ГУ, Красноярск, Россия	1	3
НИС шелководства — филиал ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр», Железноводск, Россия	1	4
НИИ льна, Тверская область, Россия	1	8
НИИСХ Северного Зауралья — филиал ФИЦ Тюменского научного центра СО РАН, Тюменская область, Россия	1	3
Нижегородский ГАУ, Нижний Новгород, Россия	1	8
Омский ГАУ им. П.А. Столыпина, Омск, Россия	1	2
Опытная станция «Уфимская» — подразделение Уфимского ФИЦ РАН, Башкортостан, Россия	1	5
Поволжский НИИ селекции и семеноводства им. П.Н. Константинова — филиал Самарского ФИЦ РАН, Кинель, Россия	1	4
Прикумская опытно-селекционная станция — филиал Северо-Кавказского федерального научного аграрного центра, Ставропольский край, Россия	1	7
Приморский ГАУ, Уссурийск, Россия	1	12
Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ, Москва, Россия	1	1
Российский университет дружбы народов, Москва, Россия	1	12
Санкт-Петербургский ГАУ, Санкт-Петербург, Россия	1	9
Северо-Кавказский топливно-энергетический колледж им. Т.К. Цурова, Магас, Россия	1	7
Тихоокеанский институт биоорганической химии им. Г.Б. Елякова, ДВО РАН, Владивосток, Россия	1	9
Уфимский ФИЦ, Уфа, Россия	1	7
ФИЦ «Немчиновка», Московская область, Россия	1	12
ФНЦ агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН, Волгоград, Россия	1	11
АО «Щелково Агрохим», Орел, Россия	1	2

Таблица 6. Распределение количества публикаций по организациям в разделе «Зоотехния и ветеринария» за 2023 г.
Table 6. Distribution of the number of publications by organization in the section «Animal science and veterinary» for 2023

Название организации, страна	Кол-во статей	№ журнала, в котором опубликована статья
1	2	3
Уральский ГАУ, Екатеринбург, Россия	24	1–12
ФИЦ животноводства — ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста, пос. Дубровицы, Московская область, Россия	22	2–9, 11, 12
ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатого РАН, Москва, Россия	22	1–12
Южно-Уральский ГАУ, Троицк, Россия	13	1–5, 7–12
Уральский институт ГПС МЧС, Екатеринбург, Россия	10	1, 5–7, 9–12
ВНИИ экспериментальной ветеринарии им. К.И. Скрябина и Я.Р. Коваленко Российской академии наук, Москва, Россия	7	2, 5, 7, 9, 10, 12
Казанская ГА ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана, Казань, Россия	4	3, 5, 6, 9
Прикаспийский зональный НИ ветеринарный институт — филиал Федерального аграрного научного центра Республики Дагестан, Махачкала, Россия	4	10
Российский ГАУ — МСХА им. К.А. Тимирязева, Москва, Россия	4	1, 3, 8, 12
ФНЦ биологических систем и агротехнологий РАН, Оренбург, Россия	4	3, 5, 6, 8
ВНИИ и технологический институт биологической промышленности, Лосино-Петровский, Московская область, Россия	3	5, 9, 10
Оренбургский ГУ, Оренбург, Россия	3	3, 7, 11
Санкт-Петербургский ГУ ветеринарной медицины, Санкт-Петербург, Россия	3	1, 4
Татарский НИИСХ — подразделение ФИЦ «Казанский научный центр РАН», Казань, Россия	3	2, 5, 6
Башкирский НИИСХ — подразделение Уфимского ФИЦ РАН, Уфа, Россия	2	3, 6
Белгородский ГАУ, Белгородская область, Россия	2	4, 6
Всероссийский государственный центр качества и стандартизации лекарственных средств для животных и кормов, Москва, Россия	2	2, 4
ВНИИ генетики и разведения сельскохозяйственных животных — филиал ФГБНУ «ФИЦ животноводства — ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста», Санкт-Петербург, Россия	2	3, 4
Донской ГТУ, Ростов-на-Дону, Россия	2	11, 12
Инновационный Евразийский университет, Павлодар, Казахстан	2	5, 7
Краснодарский НЦ по зоотехнии и ветеринарии, Краснодар, Россия	2	1, 8
Кубанский ГАУ им. И.Т. Трубилина, Краснодар, Россия	2	1, 8
НИЦ «Черкизово», Москва, Россия	2	11, 12
ООО «БИОТРОФ+», Санкт-Петербург, Российская Федерация	2	3, 9
Поволжский НИИ производства и переработки мясомолочной продукции, Волгоград, Россия	2	8, 11
Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ), Москва, Россия	2	11, 12
Российский ГАЗУ, Балашиха, Россия	2	5, 7
Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Россия	2	4, 10
ФЦ токсикологической, радиационной и биологической безопасности, Казань, Россия	2	3, 9
ФЦ охраны здоровья животных, Москва, Россия	2	1, 5
Башкирский ГАУ, Уфа, Россия	1	4
Всероссийский НИ ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии, Воронеж, Россия	1	5
ВНИИ и технологический институт птицеводства, Москва, Россия	1	9
Институт агробиотехнологий им. А.В. Журавского ФИЦ «Коми научный центр УРО РАН», Сыктывкар, Россия	1	7
Институт степи УРО РАН, Оренбург, Россия	1	4
Кабардино-Балкарский ГАУ им. В.М. Кокова, Нальчик, Россия	1	7
Казанский (Приволжский) Федеральный университет, Казань, Россия	1	3
Казанский институт биохимии и биофизики — подразделение ФИЦ «Казанский научный центр РАН», Казань, Россия	1	9
Калужский НИИСХ — филиал ФГБНУ «ФИЦ картофеля им. А.Г. Лорха», Калуга, Россия	1	4
Костанайский региональный университет им. А. Байтурсынова, Костанай, Казахстан	1	11
Краснодарский НИ ветеринарный институт — подразделение «Краснодарский НЦ по зоотехнии и ветеринарии», Краснодар, Россия	1	8
Кузбасская ГСХА, Кемерово, Россия	1	11
Курский федеральный аграрный научный центр, Курск, Россия	1	12
Магнитогорский ГТУ им. Г.И. Носова, Магнитогорск, Россия	1	4
НИИ аграрных проблем Хакасии, Республика Хакасия, Россия	1	1
Новосибирский ГАУ, Новосибирск, Россия	1	10
ООО Группа компаний «ВИК», Московская область, Россия	1	2
ООО «АлексАнн», Московская область, Россия	1	8
ООО «Алта-НН», Нижний Новгород, Россия	1	6
ООО «Биовизор», Москва, Россия	1	8
ООО «Бонака», Краснодар, Россия	1	8
ООО «ИП Алекс Плюс», Санкт-Петербург, Россия	1	11
ООО «КРЦ ЭФКО-Каскад», Белгородская область, Россия	1	6
ООО «Мираторг-Генетика», Московская область, Россия	1	12
ООО «Научно-внедренческий центр Агроветзащита», Москва, Россия	1	3
ООО «НордТехСад», Новодвинск, Россия	1	11
ООО «НПК БИОТЕХ», Санкт-Петербург, Россия	1	4
ООО «Чистая вода», Кемерово, Россия	1	11
ООО МНИЦ «ОЗОС», Москва, Россия	1	11
Пензенский ГАУ, Пенза, Россия	1	8
Пермская государственная фармацевтическая академия Минздрава России, Пермь, Россия	1	1
Рязанский ГАТУ им. П.А. Костычева, Рязань, Россия	1	4
Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова, Саратов, Россия	1	1
Саратовский ГТУ им. Ю.А. Гагарина, Саратов, Россия	1	1
Саратовский ГУ генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, Саратов, Россия	1	2
Северо-Кавказский федеральный университет, Ставрополь, Россия	1	10
Северо-Кавказское межрегиональное управление Федеральной службы по ветеринарному и фитосанитарному надзору, Ставрополь, Россия	1	7
Смоленская ГСХА, Смоленск, Россия	1	8
Социально-экономический институт Саратовского ГТУ им. Ю.А. Гагарина, Саратов, Россия	1	1
Ульяновский ГАУ им. П.А. Столыпина, Ульяновск, Россия	1	1
Уральский федеральный аграрный НИЦ УРО РАН, Екатеринбург, Россия	1	11
Учебный и ветеринарный центр «Денталвет», Москва, Россия	1	11
Федеральный аграрный научный центр Юго-Востока, Саратов, Россия	1	8
ФИЦ комплексного изучения Арктики им. академика Н.П. Лаверова УРО РАН Архангельск, Россия	1	7
ФНЦ кормопроизводства и агроэкологии им. В.Р. Вильямса, Московская область, Россия	1	11
Центр ветеринарии, Москва, Россия	1	10

Таблица 7. Распределение количества публикаций по организациям в разделе «Агроинженерия и пищевые технологии» за 2023 г.

Table 7. Distribution of the number of publications by organization in the section "Agricultural engineering and food technologies" for 2023

Название организации, страна	Кол-во статей	№ журнала, в котором опубликована статья
1	2	3
Уральский ГАУ, Екатеринбург, Россия	8	1, 4, 6–8, 12
ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатого РАН, Москва, Россия	8	1, 4, 6–8, 12
Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Россия	6	2, 6, 7, 9
Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия	5	3, 6–8, 11
Кузбасская ГСХА, Кемерово, Россия	4	9, 11
Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия	3	9
Казахский национальный аграрный исследовательский университет, Алматы, Казахстан	2	6, 8
Кубанский ГАУ им. И.Т. Трубилина, Краснодар, Россия	2	4, 12
НИУ «Высшая школа экономики», Москва, Россия	2	6, 7
НИУ ИТМО, Санкт-Петербург, Россия	2	7, 10
Российский ГАУ — Московская сельскохозяйственная академия им. К.А.Тимирязева, Москва, Россия	2	1, 9
Российский университет транспорта (МИИТ), Москва, Россия	2	6, 7
Саратовский ГУ генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, Саратов, Россия	2	6, 7
Словацкий сельскохозяйственный университет, Нитра, Словакия	2	6, 7
ФНЦ лубяных культур, Тверь, Россия	2	7, 9
Алматинский технологический университет, Алматы, Казахстан	1	5
Верхневолжский государственный агробиотехнологический университет, Иваново, Россия	1	6
ВНИ и технологический институт биологической промышленности, Московская область, Россия	1	12
ВНИИ радиологии и агроэкологии, Обнинск, Россия	1	5
Всероссийский национальный НИИ виноградарства и виноделия «Магарах» РАН, Ялта, Россия	1	3
Город научных исследований и прикладных технологий (SRTA-City), Александрия, Египет	1	8
Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства — филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, Санкт-Петербург, Россия	1	10
Казахский НИИ перерабатывающей и пищевой промышленности, Алматы, Казахстан	1	7
Камчатский НИИСХ, Камчатский край, Россия	1	9
Костромская ГСХА, Костромская область, Россия	1	6
Магнитогорский ГТУ им. Г.И. Носова, Магнитогорск, Россия	1	5
Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии — МВА им. К.И. Скрябина, Москва, Россия	1	12
Московский государственный строительный университет, Москва, Россия	1	6
Нижегородская ГСХА, Нижний Новгород, Россия	1	4
Новосибирский ГАУ, Новосибирск, Россия	1	7
Орловский ГУ им. И.С. Тургенева, Орел, Россия	1	5
Российский университет дружбы народов, Москва, Россия	1	12
Севастопольский ГУ, Севастополь, Россия	1	3
Торайгыров университет, Павлодар, Казахстан	1	5
Университет им. Шакарима, Семей, Казахстан	1	7
Уральский институт ГПС МЧС, Екатеринбург, Россия	1	1
Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия	1	9
ФИЦ животноводства — ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста, Московская область, Россия	1	2
Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН, Санкт-Петербург, Россия	1	9

Таблица 8. Распределение количества публикаций по организациям в разделе «Экономика» за 2023 г.

Table 8. Distribution of the number of publications by organization in the "Economy" section for 2023

Название организации, страна	Кол-во статей	№ журнала, в котором опубликована статья
1	2	3
Казанский ГАУ, Казань, Россия	2	3, 7
Российская академия кадрового обеспечения АПК, Москва, Россия	2	2, 3
Уральский ГАУ, Екатеринбург, Россия	2	6, 10
Уральский ГЭУ, Екатеринбург, Россия	2	10
Брянский ГАУ, Брянская область, Россия	1	7
Брянский институт управления и бизнеса, Брянск, Россия	1	7
Всероссийский институт аграрных проблем и информатики им. А.А. Никонова — филиал ФНЦ аграрной экономики и социального развития сельских территорий «ВНИИЭСХ», Москва, Россия	1	10
Институт региональной экономики и межбюджетных отношений Финансового университета при Правительстве РФ, Москва, Россия	1	10
Калужский НИИСХ — филиал ФИЦ картофеля им. А.Г. Лорха, Калуга, Россия	1	5
Кузбасская ГСХА, Кемерово, Россия	1	9
МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия	1	4
Удмуртский ФИЦ Уро РАН, Ижевск, Россия	1	3
Ульяновский ГАУ им. П.А. Столыпина, Ульяновск, Россия	1	3
Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия	1	10
Федеральный аграрный научный центр Республики Дагестан, Махачкала, Россия	1	1
Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации — Калужский филиал, Калуга, Россия	1	7
Чувашский ГАУ, Чебоксары, Россия	1	8

Международное сотрудничество является основным двигателем науки в мире. Журнал открыт для иностранных авторов. За 2023 год количество публикаций с участием иностранных авторов составило 15 шт., или 6% (табл. 9–11). Наибольшее относительное и абсолютное

количество публикаций с участием иностранных авторов наблюдается в разделе «Агроинженерия и пищевые технологии» — 9, или 22%. Самыми активными авторами среди публикующихся в журнале за 2023 г. являются граждане Казахстана — 73% от их общего числа.

Таблица 9. Количество публикаций в журнале иностранных авторов в разделе «Агрономия» в 2023 г.

Table 9. Number of publications in the journal by foreign authors in the "Agronomy" section in 2023

№ журнала	Количество публикаций		
	российских авторов	иностраннх авторов, (страна)	международной научной коллаборации (авторов из России и иностранных авторов, зарубежная страна)
1	5	–	–
2	6	–	–
3	5	–	–
4	5	–	–
5	5	–	–
6	4	–	–
7	8	1 (Казахстан)	–
8	8	1 (Казахстан)	–
9	15	–	–
10	10	–	–
11	6	–	–
12	6	1 (Бурунди)	1 (Бурунди)
Всего	83	3	1

Таблица 10. Количество публикаций в журнале иностранных авторов в разделе «Зоотехния и ветеринария» в 2023 г.

Table 10. Number of publications in the journal by foreign authors in the section "Animal Science and Veterinary" in 2023

№ журнала	Количество публикаций		
	российских авторов	иностраннх авторов, (страна)	международной научной коллаборации (авторов из России и иностранных авторов, зарубежная страна)
1	7	–	–
2	8	–	–
3	5	–	–
4	10	–	–
5	8	1 (Казахстан)	1 (Казахстан)
6	7	–	–
7	6	1 (Казахстан)	1 (Казахстан)
8	9	–	–
9	8	–	11
10	11	–	–
11	10	1 (Казахстан)	1 (Казахстан)
12	9	–	–
Всего	102	3	3

Таблица 11. Количество публикаций в журнале иностранных авторов в разделе «Агроинженерия и пищевые технологии» в 2023 г.

Table 11. Number of publications in the journal by foreign authors in the section "Agroengineering and Food Technologies" in 2023

№ журнала	Количество публикаций		
	российских авторов	иностраннх авторов, (страна)	международной научной коллаборации (авторов из России и иностранных авторов, зарубежная страна)
1	2	–	–
2	2	–	–
3	2	–	–
4	3	–	–
5	1	1 (Казахстан)	1 (Казахстан)
6	3	2 (Словакия — 1, Казахстан — 1)	2 (Словакия — 1, Казахстан — 1)
7	4	3 (Казахстан — 2, Словакия — 1)	3 (Казахстан — 2, Словакия — 1)
8	–	2 (Казахстан — 1, Египет — 1)	2 (Казахстан — 1, Египет — 1)
9	8	–	–
10	2	–	–
11	2	–	–
12	3	–	–
Всего	32	8	8

В 2023 году в журнале вышло восемь статей на английском языке, большая часть (75%) относится к разделу «Зоотехния и ветеринария» (табл. 12).

Таблица 12. Количество статей в журнале на английском языке в 2023 г.

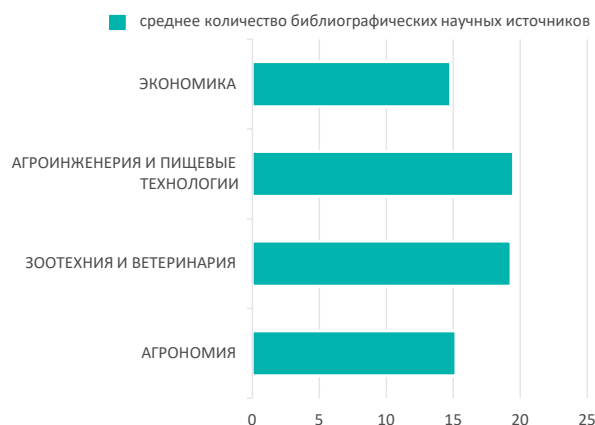
Table 12. Number of articles in the journal in English in 2023

Научный раздел журнала	Количество публикаций на англ. яз.	№ журнала
Агрономия	1	12
Зоотехния и ветеринария	6	1, 4, 10, 12
Агроинженерия и пищевые технологии	1	5
Экономика	–	–

Неотъемлемым критерием научности публикации является библиографический список использованной литературы, который позволяет охарактеризовать источниковедческую базу исследования и установить фактическую достоверность приводимых в тексте сведений. За 2023 год среднее количество ссылок в библиографических списках научных статей составляет 17,2 шт. (табл. 13; рис. 5).

Рис. 5. Среднее количество библиографических ссылок в публикациях журнала по номерам и научным разделам в 2023 г.

Fig. 5. Average number of bibliographic references in journal publications by issue and scientific section in 2023



В каждом номере журнала среднее количество библиографических ссылок составляет не менее 14 шт. Можно отметить разброс количества библиографических ссылок по разделам: большее количество — в разделах «Зоотехния и ветеринария» и «Агроинженерия и пищевые технологии» — 19,3 и 19,5 шт. соответственно, меньшее — в разделах «Агрономия» и «Экономика» — 15,2 и 14,8 шт. соответственно.

В соответствии с редакционной политикой журнала авторы, анализируя состояние освещаемой в статье проблемы, увеличили число ссылок на работы, опубликованные за последние три-четыре года и чаще включают источники из международных изданий.

Авторский профиль по ученым степеням и званиям помогает понять, какие категории авторов публикуются в научном издании. Прослеживается тенденция: основными авторами статей являются кандидаты наук (или PhD) — 47,1% от общего числа авторов (табл. 14).

Исходя из представленных данных, можно сделать вывод о том, что стоит скоординировать редакционную политику для привлечения большего количества молодых ученых, преподавателей университетов без ученой степени.

Таблица 13. Среднее количество библиографических ссылок в публикациях журнала по номерам и научным разделам в 2023 г.
Table 13. Average number of bibliographic references in journal publications by issue and scientific section in 2023

Научный раздел журнала	Количество библиографических ссылок в публикациях по номерам журнала											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Агрономия	19,2	16,7	19,0	14,6	8,4	20,0	12,9	12,4	16,5	13,7	13,2	16,0
Зоотехния и ветеринария	16,0	27,1	18,7	18,8	19,1	22,6	25,4	19,0	12,9	15,6	14,0	22,8
Агроинженерия и пищевые технологии	16,5	18,0	14,5	26,0	20,3	21,2	14,1	23,5	20,5	18,0	16,5	24,3
Экономика	21,0	12,0	16,7	12,0	15,0	18,0	18,5	7,0	6,0	22,2	–	–
В среднем по номеру	18,2	18,5	17,2	17,9	15,7	20,5	17,7	15,4	14,0	17,4	14,6	21,0

Таблица 14. Авторский профиль по ученым степеням и званиям в публикациях журнала
Table 14. Author's profile on academic degrees and titles in journal publications

№ журнала	Авторский профиль					
	академик Российской академии наук	доктор наук и (или) профессор	кандидат наук (PhD) и (или) доцент	преподаватель (ст. преподаватель)	аспирант, студент,* докторант	научный сотрудник, специалист
раздел «Агрономия»						
1	–	–	11	–	–	2
2	–	3	7	–	2	2
3	–	1	7	–	5	3
4	–	1	7	–	–	2
5	–	2	3	–	–	2
6	–	3	3	–	1	1
7	1	2	18	–	–	9
8	–	5	11	–	2	5
9	2	4	21	1	1	16
10	1	5	17	–	–	4
11	1	3	4	–	1	7
12	–	4	12	–	4	6
Всего	5	33	121	1	16	59
раздел «Зоотехния и ветеринария»						
1	–	11	13	–	2	6
2	–	11	11	1	2	4
3	2	16	14	–	3	5
4	2	9	20	–	2	6
5	2	17	9	1	2	2
6	–	9	9	–	2	4
7	1	9	13	–	1	5
8	–	10	16	–	2	2
9	2	18	14	–	–	11
10	–	8	16	–	1	7
11	1	18	22	1	6	4
12	2	13	15	–	7	4
Всего	12	149	172	3	30	60
раздел «Агроинженерия и пищевые технологии»						
1	–	3	3	1	–	–
2	–	1	2	–	–	5
3	–	–	4	–	1	1
4	–	1	9	1	–	–
5	–	3	6	–	1	4
6	–	5	10	–	4	6
7	1	7	16	–	4	–
8	–	2	1	–	2	–
9	–	4	22	–	4	5
10	1	–	3	–	–	1
11	–	1	2	–	–	–
12	–	2	4	–	–	1
Всего	2	29	82	2	16	23
раздел «Экономика»						
1	–	2	1	–	–	–
2	–	1	1	–	–	–
3	–	2	7	–	–	–
4	–	–	–	–	1	–
5	–	–	2	–	–	–
6	–	1	1	–	–	–
7	–	–	8	–	–	–
8	–	–	3	–	–	–
9	–	–	1	–	1	–
10	1	6	6	–	–	–
11	–	–	–	–	–	–
12	–	–	–	–	–	–
Всего	1	12	30	0	2	0

* Студенты, в том числе бакалавры и магистранты.

Финансирование научной и научно-технической деятельности осуществляется за счет средств государственного бюджета, бюджетов субъектов, внебюджетных источников, иных источников в соответствии с законодательством различных государств.

Опыт зарубежных стран показывает, что использование различных видов грантов как формы безвозмездной поддержки позволяет создать благоприятные условия для научно-технического развития. Финансирование научных исследований из различных источников

стимулирует авторов публиковать научные данные в журналах.

За 2023 год количество публикаций, профинансированных грантами и фондами, составляет 119 шт., или 49% (табл. 15–18).

Таблица 15. Источники финансирования публикаций в разделе «Агрономия»
Table 15. Sources of funding for publications in the “Agronomy” section

№ журнала	Источник финансирования публикации (кол-во статей)	
	грант, фонд	инициативные средства соавторов
1	2	3
2	–	6
3	2	3
4	1	4
5	2	3
6	4	–
7	4	5
8	7	2
9	8	7
10	3	7
11	3	3
12	5	2
Всего	41	45

Таблица 16. Источники финансирования публикаций в разделе «Зоотехния и ветеринария»
Table 16. Sources of funding for publications in the section “Animal Science and Veterinary”

№ журнала	Источник финансирования публикации (кол-во статей)	
	грант, фонд	инициативные средства соавторов
1	1	6
2	3	5
3	4	5
4	3	7
5	7	2
6	5	2
7	5	2
8	2	7
9	4	5
10	5	6
11	7	4
12	6	3
Всего	52	53

Таблица 17. Источники финансирования публикаций в разделе «Агроинженерия и пищевые технологии»
Table 17. Sources of funding for publications in the section “Agricultural engineering and food technologies”

№ журнала	Источник финансирования публикации (кол-во статей)	
	грант, фонд	инициативные средства соавторов
1	2	–
2	1	1
3	2	–
4	–	3
5	1	2
6	3	2
7	2	5
8	1	1
9	6	2
10	1	1
11	–	2
12	1	2
Всего	20	21

Таблица 18. Источники финансирования публикаций в разделе «Экономика»
Table 18. Sources of funding for publications in the “Economics” section

№ журнала	Источник финансирования публикации (кол-во статей)	
	грант, фонд	инициативные средства соавторов
1	1	–
2	–	1
3	1	2
4	–	1
5	1	–
6	1	–
7	–	2
8	–	1
9	–	1
10	2	2
11	–	–
12	–	–
Всего	6	10

Редакция журнала в 2023 г. активно участвовала в деловой программе значимых аграрных конгрессов, форумов, конференций, выставок и т. д. (табл. 19).

Таблица 19. Участие редакции в деловой программе научных и бизнес-форумов в 2023 г.
Table 19. Participation of the editorial board in the business program of scientific and business forums in 2023

Наименование	Дата
Международная выставка технологий для профессионалов АПК AGROS-2023	с 25 по 27 января
Специализированная выставка оборудования и технологий добычи, разведения и переработки рыбы и морепродуктов AquaPro Expo — 2023	с 11 по 13 апреля
XXXI Московский международный ветеринарный конгресс	с 12 по 14 апреля
Мясная промышленность. Куриный Король. Индустрия холода для АПК / MAP Russia & VIV 2023	с 30 мая по 1 июня
XXVIII Международная специализированная выставка «MVC: Зерно — Комбикорма — Ветеринария — 2023»	с 21 по 23 июня
II Международный ветеринарный форум по свиноводству	с 27 по 28 июня
XVII Международный научно-практический «Балтийский форум ветеринарной медицины и продовольственной безопасности»	с 21 по 22 сентября
Международная специализированная выставка кормов, кормовых добавок, ветеринарии и оборудования «КормВетЭкспо-2023»	с 24 по 26 октября
Международный сельскохозяйственный конгресс ASIA Expo — 2023	с 25 по 27 октября
XXV Российская агропромышленная выставка «Золотая осень — 2023»	с 4 по 7 октября
XV Международная научно-практическая конференция «Свиноводство-2023»	с 5 по 7 декабря

Участие в работе значимых мероприятий, которые являются крупнейшими площадками для диалога прикладной и фундаментальной науки, муниципальной и государственной власти, реального сектора аграрной экономики, позволяет осознать современные направления исследований и научную повестку от первых лиц. Участие в перечисленных мероприятиях помогает редакции журнала устанавливать контакты, привлекать новых рецензентов и авторов журнала, а также укрепить свое присутствие на издательской арене.

Выводы/Conclusion

Научная концепция журнала предполагает публикацию современных достижений в аграрной сфере, результатов ключевых национальных и международных исследований.

К основным целям журнала относится¹² продвижение российской и мировой аграрной науки.

На 2024 год запланированы следующие задачи:

- привлечь новых членов редакционной коллегии из иностранных государств с высокими рейтингами и расширить географию присутствия из России;
- увеличить количество статей, авторами которых являются научные сотрудники с высоким уровнем Хирша разных организаций и стран;
- снизить самоцитирование журнала и авторское самоцитирование;
- повысить требования к информативности аннотаций и выводов;
- установить рекомендацию для авторов в части библиографии: не менее 10 ссылок на научные статьи, опубликованные в журналах за последние три года.

¹² URL: <https://www.vetpress.ru/jour/about/editorialPolicies#focusAndScope> (дата обращения: 13.12.2023).

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные.

Все авторы внесли равный вклад в работу.

Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат.

Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

All authors made an equal contribution to the work.

The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism.

The authors declare no conflict of interest.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бойков Т.В., Димов И.В. Наука и техника как определяющий принцип человечества. *Вестник науки*. 2023; 5(1): 336–338. <https://elibrary.ru/uteeiq>
2. Касперович С., Шарапа Е. Интеграция науки, образования и производства как фактор развития системы высшего образования. *Наука и инновации*. 2023; (11): 52–56. <https://doi.org/10.29235/1818-9857-2023-11-52-56>
3. Андреева Л.С. Роль науки в стратегии общественного развития: экологический аспект. *Reports Scientific Society*. 2023; (6): 118–121. <https://elibrary.ru/lopxnq>
4. Трофимова И.Н. Публикационная активность в контексте целевых ориентиров научной политики: библиометрический анализ. *Научные и технические библиотеки*. 2023; (2): 59–79. <https://doi.org/10.33186/1027-3689-2023-2-59-79>
5. Михайлов О.В. Цитируемость и библиометрические показатели российских ученых и научных журналов. *Проблемы деятельности ученого и научных коллективов*. 2017; 3: 152–170. <https://elibrary.ru/yovtsu>
6. Мурavyov В.В. Публикационная активность членов редакционной коллегии журнала «Вестник ИжГТУ им. М.Т. Калашникова». *Вестник ИжГТУ им. М.Т. Калашникова*. 2022; 25(1): 4–16. <https://doi.org/10.22213/2413-1172-2022-1-4-16>
7. Иванова А.Д., Евграфов А.А., Мургуова О.В. Публикационная активность как приоритет в развитии вузов России. *Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Социально-экономические науки*. 2020; (3): 88–99. <https://doi.org/10.15593/2224-9354/2020.3.6>
8. Рубан Д.А. Цитирование статей российских экономистов в ведущих международных журналах: аспекты привлекательности отечественных наработок. *В центре экономики*. 2020; (2): 36–43. <https://elibrary.ru/qcvlso>
9. Антипов А.Н. Методика подготовки статьи. *Ведомости уголовно-исполнительной системы*. 2023; (1): 75–78. <https://doi.org/10.51522/2307-0382-2023-248-1-75-78>
10. Королева В.В., Иванов О.В., Ведягин А.А., Лядов А.С., Леонидов А.В., Колобов А.В. Публикационная активность как показатель эффективности научных исследований на примере организаций химического профиля. *Вестник Российской академии наук*. 2020; 90(10): 948–958. <https://doi.org/10.31857/S0869587320100060>
11. Большаков Д.Ю. Пределная публикационная активность российских авторов научных журналов. *Наука и научная информация*. 2021; 4(3): 94–105. <https://doi.org/10.24108/2658-3143-2021-4-3-94-105>
12. Цветкова Н.А., Худoley К.К., Хейфец В.Л., Гарбузов В.Н., Истомин И.А., Харкевич М.В. Научные журналы в условиях трансформации международных отношений: проблемы, вызовы и перспективы. Часть 1. *Вестник Санкт-Петербургского университета. Международные отношения*. 2023; 16(3): 294–315. <https://doi.org/10.21638/spbu06.2023.306>
13. Лубышева Л.И. В поисках критериев повышения рейтинга научного журнала. *Теория и практика физической культуры*. 2023; 5: 105. <https://elibrary.ru/qvdzjq>
14. Попкова Е.Г., Кузнецов В.П., Самерханова Э.К. Устойчивое развитие российской науки: «институциональные ловушки» научных журналов и перспективы их преодоления. *Вестник Мининского университета*. 2023; 11(2): 9. <http://doi.org/10.26795/2307-1281-2023-11-2-9>
15. Сальникова И.И. Публикационная культура современного ученого: постановка проблемы. *Вестник Южно-Российского государственного технического университета (Новочеркасского политехнического института)*. Серия: Социально-экономические науки. 2023; 16(1): 267–273. <http://doi.org/10.17213/2075-2067-2023-1-267-273>

ОБ АВТОРАХ

Борис Викторович Виолин¹

кандидат ветеринарных наук
agrovetpress@inbox.ru

Максим Борисович Ребезов²

доктор сельскохозяйственных наук, кандидат ветеринарных наук, профессор
rebezov@ya.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0857-5143>

¹Всероссийский научно-исследовательский институт ветеринарной санитарии, гигиены и экологии — филиал Федерального научного центра «Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии им. К.И. Скрябина и Я.П. Коваленко Российской академии наук», Звенигородское шоссе, 5, Москва, 123022, Россия

²Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова Российской академии наук, ул. Талалихина, 26, Москва, 109316, Россия

REFERENCES

1. Boikov T.V., Dimov I.V. Science and technology as defining principle of humanity. *Vestnik nauki*. 2023; 5(1): 336–338 (In Russian). <https://elibrary.ru/uteeiq>
2. Kasperovich S., Sharapa E. Integration of science, education and production as a factor in the development of the higher education system. *Science and Innovations*. 2023; (11): 52–56 (In Russian). <https://doi.org/10.29235/1818-9857-2023-11-52-56>
3. Andreeva L.S. The role of science in the strategy of social development: environmental aspect. *Reports Scientific Society*. 2023; (6): 118–121 (In Russian). <https://elibrary.ru/lopxnq>
4. Trofimova I.N. Publication activities within the context of scientific policy goals: The bibliometric analysis. *Scientific and Technical Libraries*. 2023; (2): 59–79 (In Russian). <https://doi.org/10.33186/1027-3689-2023-2-59-79>
5. Mikhailov O.V. Citation and Bibliometric Parameters of Russian Scientists and Scientific Journals. *The Problems of Scientist and Scientific Groups Activity*. 2017; 3: 152–170 (In Russian). <https://elibrary.ru/yovtsu>
6. Muravyov V.V. Publication Activity of Members of the Editorial Board of the Journal "Vestnik IzhGTU im. M.T. Kalashnikova". *Vestnik IzhGTU im. M.T. Kalashnikova*. 2022; 25(1): 4–16 (In Russian). <https://doi.org/10.22213/2413-1172-2022-1-4-16>
7. Ivanova A.D., Evgrafov A.A., Murugova O.V. Publication activity as a priority in the development of Russian universities. *PNRPU Sociology and Economics Bulletin*. 2020; (3): 88–99 (In Russian). <https://doi.org/10.15593/2224-9354/2020.3.6>
8. Ruban D.A. Citations of articles by Russian economists in top international journals: aspects of attractiveness of domestic developments. *In the Center of Economy*. 2020; (2): 36–43 (In Russian). <https://elibrary.ru/qcvlso>
9. Antipov A.N. The methodology of preparing the article. *Bulletin of the penal enforcement system*. 2023; (1): 75–78 (In Russian). <https://doi.org/10.51522/2307-0382-2023-248-1-75-78>
10. Koroleva V.V., Ivanov O.V., Vedyagin A.A., Lyadov A.S., Leonidov A.V., Kolobov A.V. Publication activity as an indicator of the effectiveness of scientific research using the example of chemical organizations. *Vestnik Rossiyskoy akademii nauk*. 2020; 90(10): 948–958 (In Russian). <https://doi.org/10.31857/S0869587320100060>
11. Bolshakov D.Yu. The ultimate publication activity of the Russian authors of the scientific journals. *Scholarly Research and Information*. 2021; 4(3): 94–105. <https://doi.org/10.24108/2658-3143-2021-4-3-94-105>
12. Tsvetkova N.A., Khudoley K.K., Jelfets V.L., Garbuzov V.N., Istomin I.A., Kharkevich M.V. Scientific journals in the context of the transformation of international relations: Problems, challenges and prospects. Part 1. *Vestnik of Saint Petersburg University. International Relations*. 2023; 16(3): 294–315 (In Russian). <https://doi.org/10.21638/spbu06.2023.306>
13. Lubyshcheva L.I. In search of criteria for increasing the rating of a scientific journal. *Theory and practice of physical culture*. 2023; 5: 105 (In Russian). <https://elibrary.ru/qvdzjq>
14. Popkova E.G., Kuznetsov V.P., Samerkhanova E.K. Sustainable development of Russian science: "institutional traps" of scientific journals and prospects for overcoming them. *Vestnik of Minin University*. 2023; 11(2): 9 (In Russian). <http://doi.org/10.26795/2307-1281-2023-11-2-9>
15. Salnikova I.I. Publication culture of a modern scientist: problem statement. *Bulletin of the South Russian State Technical University (NPI). Series: Socio-Economic Sciences*. 2023; 16(1): 267–273 (In Russian). <http://doi.org/10.17213/2075-2067-2023-1-267-273>

ABOUT THE AUTHORS

Boris Viktorovich Violin¹

Candidate of Veterinary Sciences
agrovetpress@inbox.ru

Maksim Borisovich Rebezov²

Doctor of Agricultural Sciences, Candidate of Veterinary Sciences, Professor
rebezov@ya.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0857-5143>

¹All-Russian Research Institute of Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology — a branch of the Federal State Budget Scientific Institution "Federal Scientific Centre VIEV", Moscow, Russia, 5 Zvenigorodskoe shosse, Moscow, 123022, Russia

²V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of the Russian Academy of Sciences, 26 Talalikhin Str., Moscow, 109316, Russia

УДК 636.082

Научная статья

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-378-1-52-59

А.Д. Лемякин
К.Д. Сабетова ✉
А.А. Чаицкий
П.О. Щеголев
Л.С. Баданина

Костромская государственная
сельскохозяйственная академия,
Караваево, Кострома, Россия

✉ kseniyasabetova@mail.ru

Поступила в редакцию:
10.08.2023

Одобрена после рецензирования:
25.12.2023

Принята к публикации:
10.01.2024

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-378-1-52-59

Alexander D. Lemyakin
Kseniya D. Sabetova ✉
Alexey A. Chaitsky
Pavel O. Shchegolev
Lada S. Badanina

Kostroma State Agricultural Academy,
Karavaevo, Kostroma, Russia

✉ kseniyasabetova@mail.ru

Received by the editorial office:
10.08.2023

Accepted in revised:
25.12.2023

Accepted for publication:
10.01.2024

Исследование полиморфизма гена тиреоглобулина у коров костромской и черно-пестрой пород Костромской области

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Как известно, молочная продуктивность коров обусловлена рядом паратипических факторов, однако немаловажную долю влияния на реализацию продуктивного потенциала оказывает генотип животного. В связи с этим в последние два десятилетия нарастающую популярность приобретает маркер ориентированная селекция (MAS), основанная на применении генетических маркеров хозяйственно ценных признаков, одним из которых является ген тиреоглобулина (TG).

Методы. Исследования выполнялись в научно-исследовательской лаборатории генетики и ДНК технологий регионального информационно-селекционного центра Костромской ГСХА на коровах костромской и черно-пестрой пород племенных хозяйств Костромской области.

Полиморфизм гена TG (rs135751032) определяли методом ПЦР-РВ с детекцией результатов гибридизационно-флуоресцентным способом.

Результаты. В популяциях коров костромской и черно-пестрой пород Костромской области установлено преобладание носительниц генотипа CC и аллеля C гена тиреоглобулина.

При этом среди коров этих пород прослеживается тенденция к более высоким показателям молочной продуктивности у гетерозиготных животных. Характер ассоциативной связи между генотипами TG и показателями молочной продуктивности существенно отличался для каждого отдельного стада. Это указывает на необходимость изучения TG в комплексе с другими ДНК-маркерами молочной продуктивности и обмена веществ.

Статистически значимые различия между коровами разных генотипов TG были выявлены только у половозрелых животных, что, возможно, указывает на перспективность использования TG для определения генетического потенциала продуктивного долголетия коров.

Ключевые слова: ген тиреоглобулина, коровы, костромская порода, черно-пестрая порода, молочная продуктивность

Для цитирования: Лемякин А.Д., Сабетова К.Д., Чаицкий А.А., Щеголев П.О., Баданина Л.С. Исследование полиморфизма гена тиреоглобулина у коров костромской и черно-пестрой пород Костромской области. *Аграрная наука*. 2024; 378(1): 52–59.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-378-1-52-59>

© Лемякин А.Д., Сабетова К.Д., Чаицкий А.А., Щеголев П.О., Баданина Л.С.

Research of thyroglobulin gene polymorphism in cows of Kostroma and black-and-white breeds of Kostroma region

ABSTRACT

Relevance. The genotype of the animal plays a significant role in realizing its productive potential, along with other factors affecting dairy productivity.

Marker-oriented breeding (MAS) of cattle, which utilizes genetic markers associated with economically valuable traits, has gained popularity in the last two decades.

One such marker is the thyroglobulin (TG) gene, which is involved in the production of a thyroid prohormone.

Methods. The research was conducted on cows of Kostroma and black-and-white breeds at breeding farms in the Kostroma region. Genetic material was obtained from the tail vein of the cows using individual vacuum systems with an anticoagulant.

The polymorphism of the TG gene (rs135751032) was determined using RT-PCR and detection by hybridization-fluorescence method. The results were processed using biometric analysis and calculation of population-genetic indicators.

Results. In the populations of cows of the Kostroma and black-and-white breeds of the Kostroma region, the predominance of carriers of the CC genotype and the C allele of the thyroglobulin gene was established. At the same time, among cows of these breeds, there is a tendency to higher milk productivity in heterozygous animals. The nature of the associative relationship between TG genotypes and milk productivity indicators differed significantly for each individual herd. This indicates the need to study TG in combination with other DNA markers of milk productivity and metabolism.

Statistically significant differences between cows of different TG genotypes were found only in full-aged animals, which perhaps indicates the prospects of using TG to determine the genetic potential of productive longevity of cows.

Key words: thyroglobulin gene, cows, kostroma breed, black-and-white breed, milk productivity

For citation: Lemyakin A.D., Sabetova K.D., Chaitsky A.A., Shchegolev P.O., Badanina L.S. Research of thyroglobulin gene polymorphism in cows of Kostroma and black-and-white breeds of Kostroma region. *Agrarian science*. 2024; 378(1): 52–59 (In Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-378-1-52-59>

© Lemyakin A.D., Sabetova K.D., Chaitsky A.A., Shchegolev P.O., Badanina L.S.

Введение/Introduction

В настоящее время одной из приоритетных задач молочного скотоводства в России является увеличение производства молока и молочных продуктов, а также повышение их качества. Как известно, молочная продуктивность коров обусловлена рядом паратипических факторов, однако немаловажную долю влияния на реализацию продуктивного потенциала оказывает генотип животного [1]. В связи с этим в последние два десятилетия нарастающую популярность приобретает маркер-ориентированная селекция (MAS) крупного рогатого скота, основанная на применении генетических маркеров хозяйственно ценных признаков. Одним из таких генов-кандидатов является ген одноименного прогормона щитовидной железы — тиреоглобулина (TG) [2].

Белок тиреоглобулин выполняет функцию хранения йода в организме. Он вырабатывается в организме постоянно и хранится в фолликулах щитовидной железы в виде коллоида, участвуя в цикле синтеза трийодтиронина (Т3) и тироксина (Т4). Эти гормоны оказывают непосредственное влияние на дифференциацию клеток, рост, развитие и обмен веществ организма.

Реализация наследственной информации прогормона обусловлена геном, расположенным на центромерном конце 14-й хромосомы крупного рогатого скота (KРС).

По данным многих авторов, существует однонуклеотидная замена TG, которая ассоциирована с изменением качественного и количественного состава жировой ткани животного [3–5]. Ввиду этого, а также на основании исследований локусов количественных признаков (QTL), проведенных на молочных породах KPC, учеными считается, что полиморфизм TG связан с мраморностью мяса и жирномолочностью коров [6–11]. Кроме того, существуют сведения об ассоциативных связях разных генетических вариантов TG с продуктивным долголетием [12].

В большинстве представленных в открытом доступе научных публикаций для амплификации полиморфных участков гена TG использована рестриктаза BstXI. Гомозиготному генотипу TT соответствуют фрагменты 473/75 п. н., гетерозиготному генотипу TC — 473/295/178/75 п. н., гомозиготному генотипу CC — 295/178/75 п. н. [3, 13, 14].

Наиболее перспективным (по данным многих исследований) является T-аллель гена TG. Ввиду этого положительный эффект проявляется тогда, когда животное является носителем гомозиготной формы аллеля TG^T, в связи с чем генотип TG^{TT} может являться маркером молочной продуктивности и высокой жирномолочности [15, 16].

Однако данный генетический вариант имеет достаточно низкую частоту встречаемости. Так, в работе Л.Ф. Давлетовой (2015 г.) установлено, что частота аллеля T у коров разных линий черно-пестрой породы находилась на сравнительно низком уровне (0,210–0,340), как и гомозиготного генотипа TT (0,060–0,138) [17]. Л.Ф. Давлетовой с соавт. (2016 г.) и другими учеными также сообщается, что частота встречаемости аллеля TG^T у коров черно-пестрой породы была на уровне 0,280, а гомозиготного генотипа TG^{TT} — 0,094 [18–20].

По данным С.В. Тюлькина с соавт. (2019 г.), у коров черно-пестрой породы также отмечалась низкая частота аллеля TG^T (0,160), при этом носителей гомозиготной формы данного аллеля выявлено не было [21].

У чистопородных коров костромской породы популяции Ивановской области частота аллельного варианта T находилась на чрезвычайно низком уровне (0,007), при этом частота генотипа TT составляла 0,011, тогда как в группе коров с прилитием крови улучшающей швицкой породы аллель T фиксировался значительно чаще — 0,388, а генотип TT — 0,213 [22].

Противоположный аллельный вариант TG^{CC} при своей высокой распространенности в популяциях KPC является менее желательным для селекции ввиду низкой значимости для молочной продуктивности [3, 14, 15, 20, 22]. Так, в стаде коров черно-пестрой породы в исследованиях Е.О. Крупина (2018 г.) частота встречаемости генотипа TG^{CC} составляла 0,617 благодаря высокой концентрации аллельного варианта TG^C (0,802) [9].

С.В. Тюлькиным, Х.Х. Гильмановым и др. (2019 г.) отмечалась более высокая частота генетического варианта TG^{CC} (0,721) среди коров черно-пестрой породы [17].

И.Ю. Долматовой с соавт. (2020 г.) на большой выборке ($n = 379$) генотипированных по TG черно-пестрых коров было установлено преобладание аллеля C (0,700), что также обуславливало высокую встречаемость генотипа CC — 0,490 [3].

Среди чистопородных коров костромской породы, исследованной П.В. Ларионовой, генотип CC регистрировался у абсолютного большинства (0,988) на фоне высокой концентрации аллеля C (0,993). Однако в группе коров с долей крови 50%, улучшающей по швицкой породе, регистрировалась относительно меньшая частота гомозиготного генотипа CC (0,612) с частотой аллеля C 0,787 [22].

При определении ассоциативных связей разных генотипов гена тиреоглобулина с продуктивными показателями коров разных популяций отечественными учеными выявлена ассоциация TG^{CT} с жирномолочностью [23].

По сообщению Л.Ф. Давлетовой с соавт. (2016 г.), коровы черно-пестрой породы, имеющие в своем геноме аллельный вариант TG^{CT}, обладали в сравнении с TG^{CC} более высокими удоями (на 179 кг, или на 4%) и жирномолочностью (на 0,06%) [18].

И.Ю. Долматовой с соавт. (2020 г.) на KPC черно-пестрой породы установлено, что носители генотипа TG^{TT} отличались высоким удоем относительно коров генотипа TG^{CC} — на 254,6 кг (на 5,5%, $p < 0,05$), массовой долей жира молока — на 0,09%. По сравнению TG^{CT} с TG^{CC} первые имели преимущество по удою (на 185,6 кг, или на 4,2%) и МДЖ (на 0,06%) [3].

В исследованиях И.П. Степанова (2022 г.), проведенных на черно-пестрой породе, сообщалось, что носители генотипа TG^{CT} превосходили сверстниц с TG^{CC} по удою на 294 кг (или на 7,1%, $p < 0,01$), по МДЖ на 0,09% ($p < 0,01$), по МДБ на 0,01% [6].

В ряде научных работ Ф.Ф. Зиннатова и Ф.Ф. Зиннатовой с коллегами (2023 г.), а также других ученых отмечается схожая динамика показателей молочной продуктивности животных черно-пестрой породы [24–27, 29].

Информация о продуктивности коров костромской породы в разрезе разных генотипов гена тиреоглобулина отсутствует, что обуславливает актуальность данной работы.

Таким образом, в настоящее время накоплено достаточно много научных данных о распространенности генетических вариантов и ассоциативных связях с продуктивностью гена TG у коров отечественных пород различных популяций.

Цель работы — изучение полиморфизма гена тиреоглобулина у коров костромской и черно-пестрой пород популяций Костромской области.

Новизна исследований заключалась в определении SNP TG-методом полимеразной цепной реакции в реальном времени с детекцией результатов гибридизационно-флуоресцентным способом.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследования были выполнены в 2022–2023 гг. в научно-исследовательской лаборатории генетики и ДНК технологий регионального информационно-селекционного центра Костромской государственной сельскохозяйственной академии на племенных коровах костромской ($n = 91$) и черно-пестрой ($n = 105$) пород племенных хозяйств Костромской области.

Данные племенного и зоотехнического учета, в том числе сведения о молочной продуктивности коров, были получены с помощью ИАС «СЕЛЭК»¹ (Россия).

С целью получения генетического материала у коров в условиях хозяйств проводили отбор проб крови из хвостовой вены в индивидуальные вакуумные системы (Германия) с ЭДТА К2 в качестве антикоагулянта.

Манипуляции по забору крови у крупного рогатого скота (КРС) были проведены в соответствии с международными рекомендациями и российскими нормативно-правовыми документами в отношении гуманного обращения с животными.

Геномную ДНК получали сорбентным методом экстракции из образцов крови с помощью набора реактивов ПРОБА-ГС-ГЕНЕТИКА (Россия) в соответствии с инструкцией производителя. Метод основан на лизисе клеток крови, сорбции нуклеиновой кислоты на носителе, отмывке от примесей и последующей элюции.

Полиморфизм гена TG (rs135751032) определяли методом полимеразной цепной реакции в реальном времени (ПЦР-РВ) с детекцией результатов гибридизационно-флуоресцентным способом.

Амплификацию образцов ДНК проводили с использованием амплификатора DTLite (Россия) по стандартной схеме, температура отжига праймеров соответствовала 61 °C: денатурация ДНК — 80–94 °C (7 мин.), элонгация 5 циклов — 94–61 °C (45 с.), отжиг 45 циклов — 94–61 °C (20 с.), 1 цикл — 61–25 °C (30 с.), плавление праймеров 50 циклов — 25 °C (15 с.). Плавление реализовано методом примыкающих проб. Для повышения качества и специфичности SNP-типирования применяли модифицированные типизирующие зонды, маркированные двумя разными флуорофорами, и универсальный тугоплавкий зонд с гасителем флуоресценции.

В состав смеси для постановки ПЦР (на один образец ДНК) входило 5 мкл образца ДНК, 20 мкл ПЦР-смеси, 0,24 мкл 25мМ дезоксинуклеозидтрифосфата (dNTP),

10 мкл раствора полимеразы (0,5 мкл TAQ полимеразы и 9,5 мкл ПЦР-буфера). В состав ПЦР-смеси входили следующие компоненты: зонд FAM и HEX — по 0,1 мкл, зонд BHQ — 0,3 мкл, праймер rev — 0,6 мкл, праймер forw — 0,1 мкл.

TG5_for 5'-ggT gAA AAT CTT gTg gAg gCT gTA-3'
TG5_rev 5'-CAg TTC TTC CTT ggT ggC TCA gA-3'
TG5_FAM (FAM)-5'-CTT CTC CAg ggA ATC TT-3'-(P)
TG5_HEX (HEX)-5'-CTT CTC CAg ggg ATC TT-3'-(P)
TG5_BHQ1 5'-ATA CTg gAg Tgg gTA gCC TTT CC -3'-(BHQ1)

Определение генотипа проводили путем измерения уровня флуоресценции в ходе температурной денатурации дуплексов олигонуклеотидов и полученных матриц. Результаты регистрировались в режиме реального времени. У гомозиготного анализируемого образца содержался только один вариант нуклеотидной последовательности гена, то есть температура плавления для зонда, образующего совершенный (полностью комплементарный) дуплекс, была существенно выше, чем для зонда, образующего несовершенный (частично некомплементарный) дуплекс. У гетерозиготного образца, содержащего оба варианта нуклеотидной последовательности, оба варианта зондов образовывали совершенный дуплекс, поэтому температуры их плавления были практически одинаковы.

Частоту встречаемости генотипов по локусу TG рассчитывали по формуле 1.

$$p = \frac{m}{N}, \quad (1)$$

где p — частота встречаемости генотипа в группе, m — количество носителей определенного генотипа, N — общее число особей.

Частоту встречаемости аллельных вариантов гена TG в группах подопытных животных вычисляли по формуле 2.

$$p = \frac{2n_{CC} + n_{CT}}{2N} \text{ и } q = \frac{2n_{TT} + n_{CT}}{2N}, \quad (2)$$

где p — частота встречаемости аллеля С, q — частота встречаемости аллеля Т, n_{CC} , n_{CT} , n_{TT} — число носителей генотипов CC, CT и TT соответственно, N — общее число животных в группе.

Равномерность распределения аллелей гена TG в изучаемых группах животных и генное равновесие оценивали при помощи уравнения Харди — Вайнберга (3).

$$p^2 + 2pq + q^2 = 1, \quad (3)$$

где p и q — частоты аллелей С и Т соответственно.

Обработка результатов исследований производилась в табличном процессоре MS Office Excel 2019 (США) с использованием методов биометрического анализа и расчета популяционно-генетических показателей методами F-статистики Райта². Критерием статистической значимости разности между подгруппами животных выступал t-критерий Стьюдента, уровень статистической значимости считался достигнутым при $p < 0,05$. Проверку гипотезы независимости распределения аллелей в подопытных группах животных осуществляли методом

¹ Информационно-аналитическая система «СЕЛЭК» — Молочный скот. Племенной учет в хозяйствах. <https://plinor.ru/solution/software/solutions/web/selex/>

² Кузнецов В.М. F-статистики Райта: оценка и интерпретация. Проблемы биологии продуктивных животных. 2014; 4: 80–104.

«хи-квадрат» (χ^2), различие между наблюдаемым и ожидаемым частотным распределением считали статистически значимым при $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

В результате генотипирования по гену тиреоглобулина было выявлено следующее распределение генотипов в исследуемых выборках коров (рис. 1).

Анализ распределения генотипов по локусу гена тиреоглобулина показал, что генетический вариант TG^{CC} на предприятии СПК «Колхоз «Родина» у коров костромской породы регистрировался чаще остальных — 0,904. Намного реже в данном хозяйстве встречался гетерозиготный вариант TG^{CT} — 0,096.

В СПК «Гридино» у КРС костромской породы наблюдалась похожая динамика, где генотип TG^{CC} был детектирован у большинства исследуемых животных — 0,897, в то время как гетерозиготных коров TG^{CT} было значительно меньше — 0,103.

Установлено, что в обоих хозяйствах не было идентифицировано особей — носителей гомозиготного генотипа TG^{TT} гена тиреоглобулина, что соответствует данным ранее проведенных исследований П.В. Ларионовой с соавт. (2008 г.) [22], где также не было выявлено носителей гомозиготной формы аллеля TG^T . Вероятно, это явление обусловлено характеристикой аллелофонда данной породы или может являться следствием прилития крови улучшающей породы. Так или иначе, это требует дальнейшего изучения на крупных популяциях скота.

Таким образом, в выборке коров костромской породы на фоне низкой частоты гетерозиготного CT -генотипа (9,9%) и отсутствия носителей гомозиготной формы TT генотип CC был выявлен у подавляющей части генотипированных животных (90,1%).

У КРС черно-пестрой породы наблюдалась схожая картина распределения носителей генотипов гена TG . В стаде СПК «Расловское» фиксировалась наибольшая частота встречаемости генотипа TG^{CC} (0,646), вместе с этим гетерозиготный генотип TG^{CT} имел частоту встречаемости на уровне 0,323. Также в этой группе животных выявлены коровы — носители гомозиготной формы гена тиреоглобулина TG^{TT} , однако частота его встречаемости была достаточно низкая — 0,031, что согласуется с результатами исследований других авторов [17, 27, 29].

В СПК «Яковлевское» были обнаружены только особи с аллельными вариантами TG^{CC} и TG^{CT} , частота встречаемости которых составила 0,775 и 0,225 соответственно.

Таким образом, в протестированном массиве коров черно-пестрой породы генотип TG^{CC} встречался чаще (69,5%), а TG^{TT} — реже (1,9%), при этом гетерозиготный генотип TG^{CT} регистрировали у 28,6% животных.

Данные о распределении аллельных форм гена TG коров Костромской области приведены на рисунке 2.

По данным (рис. 2) видно, что в популяции племенного КРС костромской породы предпочтительный для

Рис. 1. Частота встречаемости генотипов CC , CT , TT гена TG у коров костромской и черно-пестрой пород Костромской области

Fig. 1. The frequency of occurrence of CC , CT , TT genotypes of the TG gene in cows of the Kostroma and Black-and-white breeds of the Kostroma region

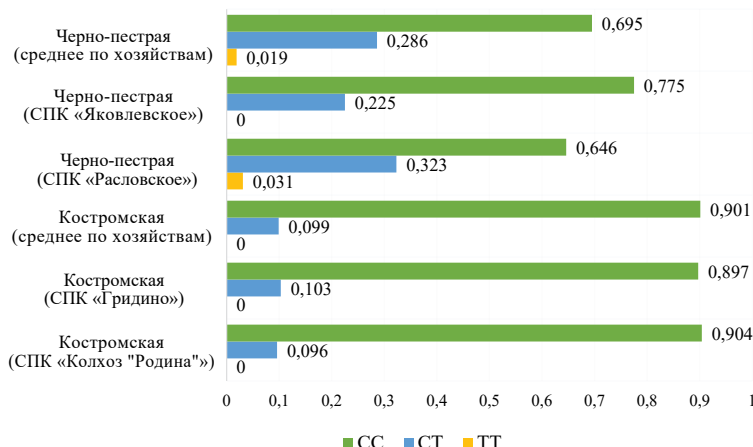
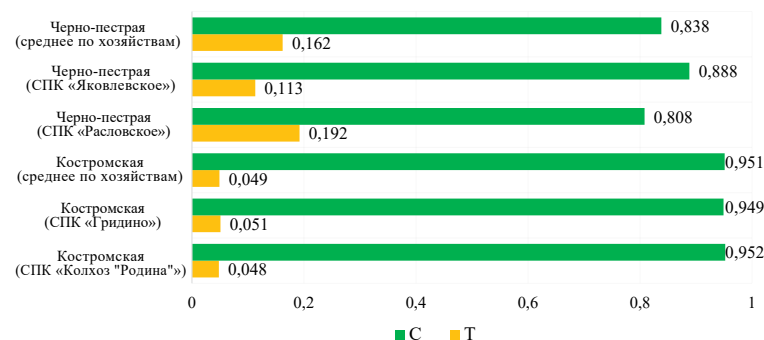


Рис. 2. Частота встречаемости аллелей C и T гена TG у коров костромской и черно-пестрой пород Костромской области

Fig. 2. The frequency of occurrence of alleles C and T of the TG gene in cows of the Kostroma and black-and-white breeds of the Kostroma region



селекции аллельный вариант TG^T имел наиболее низкую частоту встречаемости (0,049). В то же время в черно-пестрой породе данная аллельная форма гена тиреоглобулина регистрировалась в три раза чаще (0,162). По встречаемости аллеля TG^C существенной дифференциации между исследуемыми породами не установлено, в обеих популяциях отмечено его существенное преобладание над T -аллелем, что также отмечается в исследованиях П.В. Ларионовой (2005 г.), Ф.Р. Валитова (2016 г.), С.В. Тюлькина (2019 г.), И.Ю. Долматовой (2020 г.) и др. [3, 17–19, 21, 22].

Популяционно-генетический анализ не выявил недостатка или избытка гетерозигот: теоретически ожидаемое согласно закону Харди — Вайнберга значение было близко к практически наблюдаемому в обоих хозяйствах, что указывает на соблюдение генного равновесия по локусу TG . При этом генетических различий по локусу TG между группами животных также не наблюдалось. Это говорит об отсутствии каких-либо факторов, оказывающих давление на распространение аллелей гена тиреоглобулина в областной популяции животных костромской породы.

Результаты популяционно-генетического анализа по локусу TG для популяции черно-пестрой породы региона оказались сходными с анализом популяции костромской породы. Таким образом, распространение аллелей гена тиреоглобулина в обеих популяциях происходит свободно, вне зависимости от каких-либо ограничивающих факторов.

Таблица 1. Средние показатели продуктивности коров по стаду по данным бонитировки и ежегодника ВНИИПЛЕМ за 2022 год
Table 1. Average cow productivity indicators by herd according to the data of the bonitirovka and the VNIIPLEM yearbook for 2022

Порода/хозяйство	№ лактации	Показатель		
		удой, кг	жир, %	белок, %
По данным бонитировки за 2022 год				
Костромская порода / СПК «Колхоз "Родина"»	1	5755,00	3,99	3,22
	2	6109,00	4,00	3,25
	3 и старше	6572,00	4,02	3,25
	в среднем	6289,00	4,01	3,24
Костромская порода / СПК «Гридино»	1	5950,00	4,61	3,29
	2	5766,00	4,64	3,30
	3 и старше	6145,00	4,64	3,30
	в среднем	6035,00	4,63	3,29
Черно-пестрая порода / СПК «Расловское»	1	7143,00	4,21	3,21
	2	8164,00	4,38	3,23
	3 и старше	8141,00	4,35	3,18
	в среднем	7902,00	4,33	3,20
Черно-пестрая порода / СПК «Яковлевское»	1	7838,00	4,24	3,04
	2	8213,00	4,36	3,09
	3 и старше	8561,00	4,23	3,04
	в среднем	8229,00	4,27	3,05
По данным ежегодника ВНИИПЛЕМ за 2022 год				
Костромская порода / Российская Федерация	1	6989,00	4,17	3,33
	2	7663,00	4,20	3,37
	3 и старше	7605,00	4,20	3,34
	в среднем	6674,00	4,17	3,33
Черно-пестрая порода / Российская Федерация	1	7582,00	3,96	3,23
	2	7997,00	3,97	3,24
	3 и старше	7722,00	3,98	3,25
	в среднем	7259,00	3,90	3,20

Фоновые показатели продуктивности коров согласно бонитировочным данным и ежегоднику ВНИИПЛЕМ³ [30, с. 57–68] приведены в таблице 1.

В ходе исследования были проанализированы показатели молочной продуктивности в разрезе лактаций у коров костромской и черно-пестрой пород с разными генотипами по гену TG (табл. 2).

Так, данные таблицы 2 соотносимы с фоновыми показателями, представленными в таблице 1. При этом анализируя сведения таблицы 2, можно заметить, что статистически значимая разность качественных показателей молочной продуктивности коров отмечалась только в старшем возрасте. При этом наилучшими показателями в большинстве случаев отличались гетерозиготы (TG^{CT}), что согласуется с данными ряда исследований [6, 17, 18, 21].

Так, в стаде СПК «Колхоз "Родина"» у коров костромской породы по 1-й лактации установлено преобладание особей с генотипом TG^{CT} над TG^{CC} по удою и жирномолочности — на 63 кг и 0,04% соответственно. Группа половозрелых коров с генотипом TG^{CT} демонстрировала более высокие по сравнению с TG^{CC}-генотипом удои (на 91 кг). При этом коровы с TG^{CC}-генотипом статистически значимо превосходили носителей TG^{CT} по жирномолочности — на 0,10% ($p < 0,001$). Аналогичные результаты были в племенном стаде СПК «Гридино». Одновременно с этим у половозрелых коров, имеющих в своем геноме генотип СТ по локусу TG, определялось статистически значимое превосходство по массовой доле белка в молоке — на 0,14 % ($p < 0,05$).

Таблица 2. Качественные и количественные показатели молочной продуктивности коров разных генотипов по гену TG в разрезе лактаций

Table 2. Qualitative and quantitative indicators of dairy productivity of cows of different genotypes according to the TG gene in the context of lactation

Порода	Генотип	№ лактации							
		1				3 и старше			
		Показатели				Показатели			
		n	удой, кг	жир, %	белок, %	n	удой, кг	жир, %	белок, %
Костромская	СПК «Колхоз «Родина»»								
	СС	47	5175,17 ± 104,24	3,95 ± 0,01	3,23 ± 0,01	38	6022,47 ± 164,37	3,98 ± 0,01***	3,22 ± 0,01
	СТ	5	5238,80 ± 271,01	3,99 ± 0,05	3,21 ± 0,03	3	6113,67 ± 330,91	3,88 ± 0,01	3,20 ± 0,04
	ТТ	–	–	–	–	–	–	–	–
	СПК «Гридино»								
	СС	35	5688,17 ± 158,20	4,44 ± 0,04	3,32 ± 0,01	17	6253,41 ± 164,01	4,56 ± 0,05	3,31 ± 0,02
	СТ	4	6273,75 ± 873,80	4,46 ± 0,12	3,41 ± 0,13	3	7159,00 ± 864,42	4,70 ± 0,07	3,45 ± 0,06*
	ТТ	–	–	–	–	–	–	–	–
	В среднем по породе								
	СС	82	5394,13 ± 93,89	4,16 ± 0,03	3,27 ± 0,01	55	6093,85 ± 124,36	4,16 ± 0,04	3,25 ± 0,01
	СТ	9	5698,78 ± 403,64	4,20 ± 0,10	3,30 ± 0,06	6	6636,33 ± 450,15	4,29 ± 0,20	3,33 ± 0,07
	ТТ	–	–	–	–	–	–	–	–
Черно-пестрая	СПК «Расловское»								
	СС	42	5539,38 ± 160,87	3,98 ± 0,04	3,25 ± 0,02	42	7198,17 ± 223,64	4,14 ± 0,05	3,25 ± 0,03
	СТ	21	5777,62 ± 247,78	3,94 ± 0,05	3,27 ± 0,03	21	7440,19 ± 210,12	4,21 ± 0,08	3,26 ± 0,04
	ТТ	2	4910,00 ± 2252,84	3,63 ± 0,22	3,19 ± 0,13	2	5892,00 ± 3050,46	4,13 ± 0,59	3,17 ± 0,18
	СПК «Яковлевское»								
	СС	31	7581,32 ± 235,08	4,03 ± 0,07	3,14 ± 0,02	5	10028,20 ± 628,17*	3,94 ± 0,21	3,16 ± 0,05
	СТ	9	7337,56 ± 316,67	4,21 ± 0,06	3,21 ± 0,04	3	8333,00 ± 34,36	4,45 ± 0,11	3,22 ± 0,10
	ТТ	–	–	–	–	–	–	–	–
	В среднем по породе								
	СС	73	6406,51 ± 180,01	4,00 ± 0,04	3,20 ± 0,02	47	7499,23 ± 243,53	4,12 ± 0,05	3,24 ± 0,03
	СТ	30	6245,60 ± 234,65	4,02 ± 0,04	3,25 ± 0,02	24	7551,79 ± 193,25	4,24 ± 0,07	3,26 ± 0,04
	ТТ	2	4910,00 ± 2252,84	3,63 ± 0,22	3,19 ± 0,13	2	5892,00 ± 3050,46	4,13 ± 0,59	3,17 ± 0,18

Примечание: Уровень статистической значимости указан для разности показателей между носителями генотипов СС и СТ: * $p < 0,05$, *** $p < 0,001$.

В среднем в исследованном массиве животных костромской породы, как среди первотелок, так и среди половозрелых коров, просматривается тенденция к более высокому удою за лактацию, содержанию жира и белка в молоке у гетерозигот по сравнению с гомозиготными TG^{CC}-сверстницами.

При исследовании выборки черно-пестрой породы коров выявили, что гетерозиготные первотелки СПК «Расловское» превосходили носительниц TG^{CC} по удою (на 238 кг) и массовой доле белка (на 0,02%). Половозрелые коровы с генотипом TG^{CT} имели более высокий удой, МДЖ и МДБ относительно сверстниц с TG^{CC} — на 242 кг, 0,07 и 0,01% соответственно.

В стаде СПК «Яковлевское» гетерозиготные коровы TG^{CT} также превосходили своих гомозиготных сверстниц TG^{CC} и TG^{TT} по содержанию жира и белка в молоке, однако по удою гетерозиготы заметно уступали носительницам генотипа TG^{CC}, причем у половозрелых коров эта разница достигла статистически значимой величины — 1695 кг ($p < 0,05$).

Однако в среднем в черно-пестрой породе, как и в костромской, носительницы генотипа TG^{CT} превосходили своих гомозиготных сверстниц по удою, содержанию жира и белка в молоке.

В целом по результатам исследований в виду редкости TT-генотипа гена TG не представляется возможным объективно установить его положительное влияние на молочную продуктивность, о котором сообщается исследователями [15, 16]. Однако просматривается тенденция к более высоким количественным и качественным показателям молочной продуктивности у носителей гетерозиготного генотипа CT гена тиреоглобулина, что может быть обусловлено наличием в их геноме желательного Т-аллеля.

Выводы/Conclusion

Таким образом, в племенных стадах коров костромской и черно-пестрой пород Костромской области наблюдается численное преобладание носительниц генотипа CC и аллеля С гена тиреоглобулина. При этом генное равновесие Харди — Вайнберга соблюдено, следовательно, не обнаружено никаких препятствий к свободному распространению аллелей С и Т гена TG в изучаемых популяциях КРС.

В общей массе коров, как костромской, так и черно-пестрой породы, прослеживается тенденция к более

высоким показателям молочной продуктивности у гетерозиготных животных. Однако статистически значимые различия между коровами разных генотипов по локусу TG были получены только в отдельных стадах, причем характер ассоциативной связи между генотипами TG и показателями молочной продуктивности существенно отличался для каждого отдельного стада. Это указывает на необходимость изучения гена тиреоглобулина в комплексе с другими ДНК-маркерами молочной продуктивности и обмена веществ.

Кроме того, статистически значимые различия между коровами с разными генотипами TG выявлены только у половозрелых животных, что, возможно, указывает на перспективность использования данного ДНК-маркера для определения генетического потенциала продуктивного долголетия коров.

Полученные результаты могут применяться в селекционно-племенной работе с КРС Костромской области с целью отбора и подбора наиболее перспективных с точки зрения уровня продуктивности животных, а также в учебном процессе при чтении лекций и проведении практических и лабораторных работ по направлениям подготовки: 36.03.02 Зоотехния; 36.04.02 Зоотехния; 4.2.5. Разведение, селекция, генетика и биотехнология животных.

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные.

Все авторы внесли равный вклад в работу.

Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат.

Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

All authors made an equal contribution to the work.

The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism.

The authors declare no conflict of interest.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена на средства гранта Президента Российской Федерации № МК-5026.2022.5 (соглашение № 075-15-2022-49, регистрационный № НИОКТР 122122000096-1).

FUNDING

The work was carried out at the expense of the grant of the President of the Russian Federation No. MK-5026.2022.5 (Agreement No. 075-15-2022-49, R&D registration No. 122122000096-1).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Глухих В.Л., Алексеева М.Е. О влиянии генотипа коров на молочную продуктивность, состав и свойства молока. *Аграрный вестник Урала*. 2006; (5): 30–31. <https://elibrary.ru/ijeqbv>
2. Лемякин А.Д., Тяжченко А.Н., Чаицкий А.А., Щеголев П.О., Сабетова К.Д. Ассоциация гена тиреоглобулина (TG5) с хозяйственно полезными признаками крупного рогатого скота. *Аграрный вестник Нечерноземья*. 2022; (4): 39–47. https://doi.org/10.52025/2712-8679_2022_04_39
3. Dolmatova I., Sedykh T., Valitov F., Gizatullin R., Khaziev D., Kharlamov A. Effect of the bovine TG5 gene polymorphism on milk- and meat-producing ability. *Veterinary World*. 2020; 13(10): 2046–2052. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2020.2046-2052>
4. Конджария Т.Г. Влияние полиморфизма гена тиреоглобулина на продуктивность и репродуктивные качества крупного рогатого скота. *Advances in Science and Technology. Сборник статей LII Международной научно-практической конференции*. М.: Актуальность.РФ. 2023; 36–38. <https://elibrary.ru/wjqzpq>
5. Тыщенко В.И., Терлецкий В.П., Усенбеков Е.С., Абасов Ш.М. Полиморфные варианты генов каппа-казеина, соматотропина и тиреоглобулина у алаутской породы скота. *Ветеринария, зоотехния и биотехнология*. 2020; (2): 62–70. <https://elibrary.ru/cykctw>
6. Степанов И.П. Влияние полиморфизма гена тиреоглобулина (TG) на мясную и молочную продукцию крупного рогатого скота. *Молодежная наука. Сборник статей VIII Международной научно-практической конференции*. Пенза: Наука и просвещение. 2022; 11–13. <https://elibrary.ru/wqpidq>
7. Рачкова Е.Н., Зиннатова Ф.Ф., Юльметьева Ю.Р., Ахметов Т.М., Шакиров Ш.К. Ассоциация полиморфизма генов TG5 и LEP с динамикой лактации коров-первотелок. *Ветеринарный врач*. 2016; (6): 61–66. <https://elibrary.ru/xcngrh>
8. Юльметьева Ю.Р., Шакиров Ш.К. Участие генов-кандидатов липидного обмена в формировании продуктивности коров. *Молочное и мясное скотоводство*. 2017; (1): 10–13. <https://elibrary.ru/xxiaov>

REFERENCES

1. Glukhikh V.L., Alekseeva M.E. About the influence of the genotype of cows on milk productivity, composition and properties of milk. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2006; (5): 30–31 (In Russian). <https://elibrary.ru/ijeqbv>
2. Lemiyakin A.D., Tyazhchenko A.N., Chaitsky A.A., Shchegolev P.O., Sabetova K.D. Association of thyroglobulin gene (TG5) with economically useful signs of cattle. *Agrarian Bulletin of the non-Chernozem region*. 2022; (4): 39–47 (In Russian). https://doi.org/10.52025/2712-8679_2022_04_39
3. Dolmatova I., Sedykh T., Valitov F., Gizatullin R., Khaziev D., Kharlamov A. Effect of the bovine TG5 gene polymorphism on milk- and meat-producing ability. *Veterinary World*. 2020; 13(10): 2046–2052. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2020.2046-2052>
4. Konjaria T.G. Effect of thyroglobulin gene polymorphism on productivity and reproducibility of cattle. *Advances in Science and Technology. Collected Papers of the LII International Scientific-Practical conference*. Moscow: Actualnost.RF. 2023; 36–38 (In Russian). <https://elibrary.ru/wjqzpq>
5. Tyshchenko V.I., Terletsy V.P., Usenbekov E.S., Abasov Sh.M. Polymorphic types of kappa-casein, somatotropin and thyroglobulin genes in Alatau cattle breed. *Veterinary, Zootechnics and Biotechnology*. 2020; (2): 62–70 (In Russian). <https://elibrary.ru/cykctw>
6. Stepanov I.P. Effect of thyroglobulin (TG) gene polymorphism on beef and dairy products of cattle. *Youth Science. Collection of articles of the VIII International Scientific and Practical Conference*. Penza: Nauka i Prosveshchenie. 2022; 11–13 (In Russian). <https://elibrary.ru/wqpidq>
7. Rachkova E.N., Zinnatova F.F., Yulmetyeva Yu.R., Ahmetov T.M., Shakirov Sh.K. Association of gene TG5 and LEP polymorphism with the dynamics of lactation heifers. *Veterinary Vrach*. 2016; (6): 61–66 (In Russian). <https://elibrary.ru/xcngrh>
8. Yulmetyeva Yu.R., Shakirov Sh.K. Involvement of lipid metabolism candidate genes in the productivity formation of cows. *Dairy and Beef Cattle Farming*. 2017; (1): 10–13 (In Russian). <https://elibrary.ru/xxiaov>

9. Крупин Е.О., Шакиров Ш.К., Тагиров М.Ш. Динамика физико-химического состава и молочной продуктивности коров при сбалансированном кормлении в зависимости от генотипа. *Аграрный вестник Верхневолжья*. 2018; (2): 39–44. <https://elibrary.ru/oagpmj>
10. Крупин Е.О., Тагиров М.Ш. Биохимические показатели белкового и углеводного обмена у коров различных генотипов. *Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана*. 2018; 233(1): 83–88. <https://elibrary.ru/ytjrzd>
11. Zhang L.P., Gan Q.F., Hou G.Y., Gao H.J., Li J.Y., Xu S.Z. Investigation of TG gene variants and their effects on growth, carcass composition, and meat quality traits in Chinese steers. *Genetics and Molecular Research*. 2015; 14(2): 5320–5326. <https://doi.org/10.4238/2015.May.22.2>
12. Юльметьева Ю.Р., Шакиров Ш.К. Ассоциативные связи гена тиреоглобулина с продуктивным долголетием молочного скота. *Молочное и мясное скотоводство*. 2020; (1): 14–19. <https://doi.org/10.33943/MMS.2020.65.47.004>
13. Давлетова Л.Ф., Валитов Ф.Р. Хозяйственно полезные признаки коров чёрно-пестрой породы с разными генотипами тиреоглобулина. *Современные направления инновационного развития ветеринарной медицины, зоотехнии и биологии. Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной памяти доктора ветеринарных наук, профессора Х.Х. Абдюшева (к 120-летию со дня рождения)*. Уфа: Башкирский государственный аграрный университет. 2015; 234–237. <https://elibrary.ru/vjtawd>
14. Зиннатова Ф.Ф., Шамсова А.Р., Зиннатова Ф.Ф., Ахметов Т.М., Сафиуллина А.Р. Взаимосвязь полиморфизма генов липидного обмена (LEP, TG5) с молочной продуктивностью крупного рогатого скота. *Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана*. 2017; 231(3): 72–75. <https://elibrary.ru/wteccaw>
15. Carvalho T.D. de et al. Association of polymorphisms in the leptin and thyroglobulin genes with meat quality and carcass traits in beef cattle. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2012; 41(10): 2162–2168. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982012001000004>
16. Зиннатова Ф.Ф. Использование ДНК-анализа в идентификации полиморфных вариантов генов липидного и белкового обмена у коров. *Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии*. 2021; (1): 96–97. <https://elibrary.ru/ssktds>
17. Давлетова Л.Ф., Валитов Ф.Р. Частота встречаемости аллельных вариантов гена тиреоглобулина коров чёрно-пестрой породы. *Использование и эффективность современных селекционно-генетических методов в животноводстве. Материалы Международной научно-практической конференции*. Персиановский: Донской государственный аграрный университет. 2015; 23–26. <https://elibrary.ru/voypcd>
18. Давлетова Л.Ф., Валитов Ф.Р., Ганиева И.Н. Влияние полиморфизма гена тиреоглобулина на молочную продуктивность и технологические свойства молока коров чёрно-пестрой породы. *Вестник Башкирского государственного аграрного университета*. 2016; (4): 33–37. <https://elibrary.ru/xbdbokx>
19. Валитов Ф.Р. Взаимосвязь полиморфных вариантов генов соматотропина и тиреоглобулина с молочной продуктивностью коров чёрно-пестрой породы. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2018; (4): 284–287. <https://elibrary.ru/xykvbj>
20. Лемякин А.Д., Тяжченко А.Н., Чаицкий А.А., Щеголев П.О., Сабетова К.Д. Комплексное влияние полиморфизма генов соматотропина и тиреоглобулина на молочную продуктивность крупного рогатого скота. *Генетические ресурсы животноводства и растениеводства: состояние и перспективы в сфере сельского хозяйства. Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции*. Махачкала: АЛЕФ. 2022; 267–275. <https://elibrary.ru/tahrbz>
21. Тюлькин С.В., Гильманов Х.Х., Ржанова И.В., Вафин Р.Р., Шайдуллин Р.Р. Молочная продуктивность и качество молока коров с разными генотипами тиреоглобулина. *Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана*. 2019; 240(4): 187–190. <https://doi.org/10.31588/2413-4201-1883-240-4-187-191>
22. Ларионова П.В., Гутчер М., Зиновьева Н.А., Брем Г. Генетический полиморфизм генов-кандидатов мраморности мяса и липидного метаболизма крупного рогатого скота. *Современные технологические и селекционные аспекты развития животноводства России. Материалы III Международной научно-практической конференции*. Дубровицы. 2005; 63(2): 164–166.
23. Харзинова В.Р., Зиновьева Н.А., Гладырь Е.А. Полиморфизм ДНК-маркеров DGAT1, TG5 и GH у коров чёрно-пестрой породы в связи с линейной принадлежностью и уровнем молочной продуктивности. *Проблемы биологии продуктивных животных*. 2011; (1): 73–77. <https://elibrary.ru/nodtsh>
24. Зиннатова Ф.Ф. и др. Применение ДНК-технологий в тестировании коров голштинской породы по генам TG5, SCD1 и LEP для повышения эффективности производства молока. *Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана*. 2023; 254(2): 108–114. https://doi.org/10.31588/2413_4201_1883_2_254_108
25. Зиннатова Ф.Ф., Якупов Т.Р., Зиннатова Ф.Ф., Ахметов Т.М., Овсыанников А.П., Четваева Н.Д. Взаимосвязь генов LEP, TG5 и SCD1 с жирномолочностью коров. *Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана*. 2022; 250(2): 85–92. https://doi.org/10.31588/2413_4201_1883_2_250_85
9. Krupin E.O., Shakirov Sh.K., Tagirov M.Sh. Dynamics of the physico-chemical composition and milk productivity of cows with balanced feeding depending on genotype. *Agrarian Journal of Upper Volga region*. 2018; (2): 39–44 (In Russian). <https://elibrary.ru/oagpmj>
10. Krupin E.O., Tagirov M.Sh. Biochemical indices of the protein and hygiode exchange of substances in cows of various genotypes. *Scientific Notes Kazan Bauman State Academy of Veterinary Medicine*. 2018; 233(1): 83–88 (In Russian). <https://elibrary.ru/ytjrzd>
11. Zhang L.P., Gan Q.F., Hou G.Y., Gao H.J., Li J.Y., Xu S.Z. Investigation of TG gene variants and their effects on growth, carcass composition, and meat quality traits in Chinese steers. *Genetics and Molecular Research*. 2015; 14(2): 5320–5326. <https://doi.org/10.4238/2015.May.22.2>
12. Yulmeteva Yu.R., Shakirov Sh.K. The association of the thyroglobulin gene with the productive longevity of dairy cattle. *Dairy and Beef Cattle Farming*. 2020; (1): 14–19 (In Russian). <https://doi.org/10.33943/MMS.2020.65.47.004>
13. Davletova L.F., Valitov F.R. Black-motley breed cow's economic-useful signs with different thyroglobulin's genotypes. *Modern directions of innovative development of veterinary medicine, animal science and biology. Proceedings of the All-Russian Scientific and practical conference with international participation dedicated to the memory of Doctor of Veterinary Sciences, Professor Kh.Kh. Abdyshev (to the 120th anniversary of his birth)*. Ufa: Bashkir State Agrarian University. 2015; 234–237 (In Russian). <https://elibrary.ru/vjtawd>
14. Zinnatov F.F., Shamsova A.R., Zinnatova F.F., Akhmetov T.M., Safiullina A.R. Interrelation of polymorphism of lipid metabolism genes (LEP, TG5) with milk production of cattle. *Scientific Notes Kazan Bauman State Academy of Veterinary Medicine*. 2017; 231(3): 72–75 (In Russian). <https://elibrary.ru/wteccaw>
15. Carvalho T.D. de et al. Association of polymorphisms in the leptin and thyroglobulin genes with meat quality and carcass traits in beef cattle. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2012; 41(10): 2162–2168. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982012001000004>
16. Zinnatov F.F. Use of DNA analysis in identification of polymorphic variants of lipid and protein metabolism genes in cows. *Issues of legal regulation in veterinary medicine*. 2021; (1): 96–97 (In Russian). <https://elibrary.ru/ssktds>
17. Davletova L.F., Valitov F.R. Frequency of occurrence of allelic options of thyroglobulin gene of cows of Black-and-White breed. *The use and effectiveness of modern breeding and genetic methods in animal husbandry. Proceedings of the International scientific and practical conference*. Persianovsky: Don State Agrarian University. 2015; 23–26 (In Russian). <https://elibrary.ru/voypcd>
18. Davletova L.F., Valitov F.F., Ganieva I.N. Effect of thyroglobulin gene polymorphism on milk yield and technological properties of Black-and-White cows. *Vestnik Bashkir State Agrarian University*. 2016; (4): 33–37 (In Russian). <https://elibrary.ru/xbdbokx>
19. Valitov F.R. Association of polymorphic variants of somatotropin and thyroglobulin genes with milk yields of Black-Spotted cows. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2018; (4): 284–287 (In Russian). <https://elibrary.ru/xykvbj>
20. Lemyakin A.D., Tyazhchenko A.N., Chaitsky A.A., Shchegolev P.O., Sabetova K.D. Complex effect of somatotropin and thyroglobulin genes polymorphism on cattle dairy productivity. *Genetic resources of animal husbandry and crop production: the state and prospects in the field of agriculture. Collection of scientific papers of the International scientific and practical conference*. Makhachkala: ALEF. 2022; 267–275 (In Russian). <https://elibrary.ru/tahrbz>
21. Tyulkin S.V., Gilmanov Kh.Kh., Rzhanova I.V., Vafin R.R., Shaydullin R.R. Yield and milk quality of cows with different genotypes of thyroglobulin. *Scientific Notes Kazan Bauman State Academy of Veterinary Medicine*. 2019; 240(4): 187–190 (In Russian). <https://doi.org/10.31588/2413-4201-1883-240-4-187-191>
22. Larionova P.V., Gutchet M., Zinovieva N.A., Brem G. Genetic polymorphism of candidate genes for meat marbling and bovine lipid metabolism. *Modern technological and breeding aspects of the development of animal husbandry in Russia. Proceedings of III International scientific and practical conference*. Dubrovitsy. 2005; 63(2): 164–166 (In Russian).
23. Kharzinova V.R., Zinovieva N.A., Gladyr E.A. Polymorphism of DNA-markers DGAT1, TG5 and GH in Black-and-White cows of various lines and its effect on milk productivity traits. *Problems of Productive Animal Biology*. 2011; (1): 73–77 (In Russian). <https://elibrary.ru/nodtsh>
24. Zinnatov F.F. et al. Application of DNA Technologies in testing the TG5, SCD1, LEP genes of Holstein cows to increase the efficiency of milk production. *Scientific Notes Kazan Bauman State Academy of Veterinary Medicine*. 2023; 254(2): 108–114 (In Russian). https://doi.org/10.31588/2413_4201_1883_2_254_108
25. Zinnatov F.F., Yakupov T.R., Zinnatova F.F., Akhmetov T.M., Ovsyannikov A.P., Chevtayeva N.D. Relationship of LEP, TG5, AND SCD1 genes with milk fat in cows. *Scientific Notes Kazan Bauman State Academy of Veterinary Medicine*. 2022; 250(2): 85–92 (In Russian). https://doi.org/10.31588/2413_4201_1883_2_250_85

26. Zinnatov F.F. *et al.* Studying the association of polymorphic variants of LEP, TG5, CSN3, LGB genes with signs of dairy productivity of cattle. *International Journal of Research in Pharmaceutical Sciences*. 2020; 11(2): 1428–1432.
27. Беган М.А., Хабибрахманова Я.А., Калашникова Л.А., Труфанов В.Г. Полиморфизм генов лептина (LEP), тиреоглобулина (TG) и бета-казеина (CSN2) у голштинских коров. *Сборник научных трудов Ставропольского научно-исследовательского института животноводства и кормопроизводства*. 2014; 3(7): 487–491. <https://elibrary.ru/tbiwft>
28. Кузнецов В.М. F-статистики Райта: оценка и интерпретация. *Проблемы биологии продуктивных животных*. 2014; (4): 80–104. <https://elibrary.ru/tfrdmn>
29. Зиннатова Ф.Ф., Зиннатов Ф.Ф. Роль генов липидного обмена (DGAT1, TG5) в улучшении хозяйственно полезных признаков крупного рогатого скота. *Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана*. 2014; 219(3): 164–168. <https://elibrary.ru/svrrav>
30. Шичкин Г.И. и др. Ежегодник по племенной работе в молочном скотоводстве в хозяйствах Российской Федерации (2022 г.). Лесные Поляны: Научно-исследовательский всероссийский институт племенного дела. 2023; 255. ISBN 978-5-87958-436-3 <https://elibrary.ru/wcvfpb>

26. Zinnatov F.F. *et al.* Studying the association of polymorphic variants of LEP, TG5, CSN3, LGB genes with signs of dairy productivity of cattle. *International Journal of Research in Pharmaceutical Sciences*. 2020; 11(2): 1428–1432.
27. Began M.A., Khabibrakhmanova Ya.A., Kalashnikova L.A., Trufanov V.G. Polymorphism of leptin (LEP), thyroglobulin (TG) and beta-casein (CSN2) genes in Holstein cows. *Sbornik nauchnykh trudov Stavropol'skogo nauchno-issledovatel'skogo instituta zhivotnovodstva i kormoproizvodstva*. 2014; 3(7): 487–491 (In Russian). <https://elibrary.ru/tbiwft>
28. Kuznetsov V.M. Wright's F-statistics: evaluation and interpretation. *Problems of Productive Animal Biology*. 2014; (4): 80–104 (In Russian). <https://elibrary.ru/tfrdmn>
29. Zinnatova F.F., Zinnatov F.F. Role of lipid metabolism genes (DGAT1, TG5) in improving economically valuable traits cattle. *Scientific Notes Kazan Bauman State Academy of Veterinary Medicine*. 2014; 219(3): 164–168 (In Russian). <https://elibrary.ru/svrrav>
30. Shichkin G.I. *et al.* Yearbook on breeding work in dairy cattle breeding in the farms of the Russian Federation (2022). Lesnye Polyany: All-Russian Scientific Research Institute of Breeding. 2023; 255 (In Russian). ISBN 978-5-87958-436-3 <https://elibrary.ru/wcvfpb>

ОБ АВТОРАХ

Александр Дмитриевич Лемякин

селекционер-зоотехник
whichspecial@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-7737-6351>

Лада Сергеевна Баданина

магистрант
lada.badanina2017@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1286-3714>

Алексей Александрович Чаицкий

кандидат биологических наук, преподаватель
aleksei_chaitskiy@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5853-3809>

Ксения Дмитриевна Сабетова

кандидат ветеринарных наук, заведующая лабораторией генетики и ДНК-технологий
kseniyasabetova@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3282-4779>

Павел Олегович Щеголев

кандидат сельскохозяйственных наук, селекционер-зоотехник
bigboy25@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3552-8457>

Костромская государственная сельскохозяйственная академия
ул. Учебный городок, 34, Караваево, Кострома, 156530, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Alexander Dmitrievich Lemyakin

Breeder-animal Technician
whichspecial@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-7737-6351>

Lada Sergeevna Badanina

Undergraduate Student
lada.badanina2017@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1286-3714>

Alexey Alexandrovich Chaitskiy

Candidate of Biological Sciences, Lecturer
aleksei_chaitskiy@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5853-3809>

Kseniya Dmitrievna Sabetova

Candidate of Veterinary Sciences, Head of the Laboratory of Genetics and DNA Technologies
kseniyasabetova@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3282-4779>

Pavel Olegovich Shchegolev

Candidate of Agricultural Sciences, Breeder-zootechnician
bigboy25@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3552-8457>

Kostroma State Agricultural Academy,
34 Uchebny gorodok Str., Karavaevo, Kostroma, 156530, Russia

Е.В. Иванов¹
А.В. Капустин¹
Н.Н. Авдеевская² ✉

¹Федеральный научный центр —
Всероссийский научно-исследовательский
институт экспериментальной ветеринарии
им. К.И. Скрябина и Я.П. Коваленко
Российской академии наук, Москва,
Россия

²Вологодский филиал Федерального
научного центра — Всероссийский
научно-исследовательский институт
экспериментальной ветеринарии
им. К.И. Скрябина и Я.П. Коваленко
Российской академии наук, Вологда,
Россия

✉ Natali.Avduevskaya@mail.ru

Поступила в редакцию:
01.11.2023

Одобрена после рецензирования:
25.12.2023

Принята к публикации:
10.01.2024

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-378-1-60-64

Evgeny V. Ivanov¹
Andrey V. Kapustin¹
Natalya N. Avduevskaya² ✉

¹Federal State Budget Scientific Institution
“Federal Scientific Centre VIEV”, Moscow,
Russia

²Vologda branch of the Federal Scientific
Center — Federal State Budget Scientific
Institution “Federal Scientific Centre VIEV”,
Vologda, Russia

✉ Natali.Avduevskaya@mail.ru

Received by the editorial office:
01.11.2023

Accepted in revised:
25.12.2023

Accepted for publication:
10.01.2024

Эффективность вакцинации при остром послеродовом эндометрите коров

РЕЗЮМЕ

В статье представлены результаты исследований вакцины против инфекционных маститов и острых послеродовых эндометритов коров инактивированной. Специфическую эффективность вакцины определяли по количеству случаев заболевания коров эндометритами. Заболевание зафиксировано у 14,2% в опытной и 52,5% в контрольной группе в течение месяца после отёла.

Проведен опыт по сравнению эффективности двух схем иммунизации, первая из которых предусматривает первичную вакцинацию стельных животных, вторая — начало иммунизации тёлочек с 6–8-месячного возраста с последующим однократным введением каждые 6 месяцев в дозе 3 мл. В ходе эксперимента эндометриты были зафиксированы у 10% коров в 1-й и 2-й опытных группах, что в 3,7 раза ниже, чем у животных в контрольной группе (36,6%). Таким образом, установили, что обе схемы иммунизации животных являются эффективными в борьбе с заболеваемостью отелившихся коров эндометритами.

При изучении внутриматочных выделений коров с эндометритами установили значительное влияние иммунизации на видовой состав возбудителей. Так, у коров контрольной группы *E.coli* при эндометритах выделяли в 3,4 раза чаще в сравнении с животными опытной группы. Аналогичную картину наблюдали и по другим микроорганизмам: количество выявления изолятов *S. aureus* было в 2,2 раза меньше в опытной группе, *S. agalactiae* — в 15,0 раз, *S. dysgalactiae* — в 2,0 раза, *S. uberis* — в 6,0 раз, *S. pyogenes* — в 3,0 раза, *K. pneumoniae* — в 3,4 раза реже в сравнении с контрольной группой.

Ключевые слова: эндометрит коров, вакцина, эффективность, иммунитет, схема иммунизации, бактериальная микрофлора

Для цитирования: Иванов Е.В., Капустин А.В., Авдеевская Н.Н. Эффективность вакцинации при остром послеродовом эндометрите коров. *Аграрная наука*. 2024; 378(1): 60–64.
<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-378-1-60-64>

© Иванов Е.В., Капустин А.В., Авдеевская Н.Н.

The effectiveness of vaccination in acute postpartum endometritis of cows

ABSTRACT

The article presents the results of studies of the vaccine against infectious mastitis and acute postpartum endometritis of cows inactivated. The specific efficacy of the vaccine was determined by the number of cases of cows with endometritis. The disease was recorded in 14.2% of the experimental and 52.5% of the animals in the control group within a month after calving.

An experiment was conducted comparing the effectiveness of two immunization regimens, the first of which provides for primary vaccination of pregnant animals, the second — the beginning of immunization of heifers from 6–8 months of age, followed by a single injection every 6 months at a dose of 3 ml. During the experiment, endometritis was detected in 10% of cows in the 1st and 2nd experimental groups, which is 3.7 times lower than in animals in the control group (36.6%). Thus, it was established that both animal immunization schemes are effective in combating the incidence of calving cows with endometritis.

When studying the intrauterine secretions of cows with endometritis, a significant effect of immunization on the species composition of pathogens was established. Thus, in cows of the control group, *E.coli* with endometritis was isolated 3.4 times more often than in animals of the experimental group. A similar pattern was observed for other microorganisms: the number of *S. aureus* isolates detected was 2.2 times less in the experimental group, *S. agalactiae* — 15.0 times, *S. dysgalactiae* — 2.0 times, *S. uberis* — 6.0 times, *S. pyogenes* — 3.0 times, *K. pneumoniae* — 3.4 times less in comparison with the control group.

Key words: cow endometritis, vaccine, efficacy, immunity, immunization schedule, bacterial microflora

For citation: **For citation:** Ivanov E.V., Kapustin A.V., Avduevskaya N.N. The effectiveness of vaccination in acute postpartum endometritis of cows. *Agrarian science*. 2024; 378(1): 60–64 (In Russian).
<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-378-1-60-64>

© Ivanov E.V., Kapustin A.V., Avduevskaya N.N.

Введение/Introduction

Эндометрит коров — опасная и достаточно распространенная послеродовая патология, предопределяющая длительное бесплодие маточного поголовья [1, 2]. Заболеваемость коров послеродовым эндометритом остается на высоком уровне, что наносит молочному скотоводству экономические потери, исчисляемые десятками миллионов рублей [3]. Так, на крупных молочных комплексах эндометритами заболевают до 90% отелившихся коров [4, 5].

Некоторые авторы указывают, что клинической формой заболевания болеет каждая третья корова, в высокопродуктивных стадах эндометрит диагностируется у 70% бесплодных коров [6]. Ежегодно на молочных комплексах страны по причине эндометритов преждевременно выбраковывают до 27–30% коров, непригодных для дальнейшего воспроизводства.

По данным исследователей гнойно-катаральный послеродовый эндометрит занимает главенствующее место (86,6–88,1%) от всех заболевших животных, далее следуют катаральный эндометрит (4,5–5,8%), фибринозный (3,5–4,8%), некротический (1,5–2,8%) и гангренозный (0,2%) послеродовый эндометрит [5].

Главным этиологическим фактором в возникновении и развитии эндометритов считают условно-патогенную и патогенную микрофлору, которая усиливает свою патогенность на фоне снижения резистентности организма коров в послеродовой период [8–12]. В результате многочисленных бактериологических исследований из экссудата влагалища коров выделено около 100 разнообразных видов микробов, бактерий и грибов [7].

При изучении видового состава микрофлоры, выделенной из маточных истечений коров с острым послеродовым гнойно-катаральным эндометритом, авторы обнаруживают в основном микроорганизмы рода *Streptococcus*, *Staphilococcus*, *Escherichia*, *Klebsiella* [9, 13–16]. Причем бактерии рода *Klebsiella* чаще выделяют в ассоциациях с микроорганизмами рода *Staphilococcus* [16].

Для предупреждения острого послеродового гнойно-катарального эндометрита и лечения коров с этой патологией зачастую применяются антибиотики, сульфаниламиды, нитрофураны и их различные комбинации. Недостаточное антимикробное действие целого ряда этих веществ в нынешний период времени объясняется появлением высокорезистентных штаммов микроорганизмов, кроме этого, при их использовании снижается качество животноводческой продукции [17]. Поиск и применение новых препаратов не позволяют решить проблему высокой заболеваемости коров эндометритом.

Цель исследования — разработка эффективной вакцины для профилактики эндометритов, в соответствии с чем были поставлены следующие задачи: выявить количество случаев заболевания коров после применения вакцины против инфекционных маститов и эндометритов коров инактивированной; подобрать эффективную схему вакцинации животных; установить влияние вакцинации животных на возбудителей эндометрита коров.

Материалы и методы исследования/ Materials and methods

Эндометрит диагностировали у первотелок и взрослых коров после отёла в животноводческом хозяйстве с привязным способом содержания (Истринский р-н, Московская обл., Россия) общепринятым клиническим методом на основании данных анамнеза, результатов клинического и акушерско-гинекологического исследований, учитывая общее состояние животных, поведение, аппетит, состояние половых органов, характер и количество экссудата, выделяемого из них.

Испытания осуществляли на животных различных возрастных групп: телки 6–8-месячного возраста, нетели и взрослые стельные коровы черно-пестрой породы, которых содержали в помещениях ферм раздельно (по группам). Кормление осуществлялось специальными концентрированными комбикормами, предназначенными для животных. Условия содержания ферм соответствовали ветеринарно-санитарным и гигиеническим требованиям по содержанию помещений и территории.

Исследования проводили с февраля 2017 г. по декабрь 2019 г.

Испытуемый препарат — вакцина против инфекционных маститов и эндометритов коров инактивированная, содержащая протективные антигены *E. coli*, *S. aureus*, *S. agalactiae*, *S. dysgalactiae*, *S. uberis*, *S. pyogenes*, *K. pneumoniae* не менее $3,5 \times 10^9$ КОЕ каждого штамма в иммунизирующей дозе, инактивированные формалином — 0,3%, адсорбированные на геле карбомера — 10% от объема в одной иммунизирующей дозе («Комбовак-Эндомаст»).

В опыте использовали экспериментальную серию № 1 вакцины «Комбовак-Эндомаст», срок годности — до 02.2020 (ООО «Ветбиохим», Россия).

Работу проводили после уведомления Россельхознадзора¹ о дате начала и месте осуществления указанного исследования. В соответствии с рекомендациями производителя при работе с вакциной следует соблюдать общие правила личной гигиены и техники безопасности, предусмотренные при работе с лекарственными препаратами ветеринарного назначения. Запрещено иммунизировать клинически больных и (или) ослабленных животных.

При проведении испытаний для опыта были сформированы две группы коров — по 120 голов в каждой^{2,3}.

Опытной группе вакцину против инфекционных маститов и эндометритов коров инактивированную вводили двукратно с интервалом 21 день. Первую дозу в объеме 3 см³ вводили за 55–70 дней до отёла, повторно — за 25–30 дней до предполагаемого отёла (в том же объеме).

Контрольной группе вводился препарат плацебо (физиологический раствор в сопоставимом объеме).

Критерием оценки являлось количество случаев заболевания коров эндометритами в течение месяца после отёла. Оценку проводили в присутствии главного ветеринарного врача хозяйства, по окончании опыта составлен акт о проведении испытаний.

¹ Приказ Минсельхоза России от 06.03.2018 № 101 (ред. от 05.06.2020) «Об утверждении Правил проведения доклинического исследования лекарственного средства для ветеринарного применения, клинического исследования лекарственного препарата для ветеринарного применения, исследования биоэквивалентности лекарственного препарата для ветеринарного применения» (зарегистрировано в Минюсте России 05.06.2018 № 51296).

² Приказ Минсельхоза России от 06.03.2018 № 101 (ред. от 05.06.2020) «Об утверждении Правил проведения доклинического исследования лекарственного средства для ветеринарного применения, клинического исследования лекарственного препарата для ветеринарного применения, исследования биоэквивалентности лекарственного препарата для ветеринарного применения» (зарегистрировано в Минюсте России 05.06.2018 № 51296).

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

На втором этапе исследований был проведен эксперимент по сравнению эффективности двух схем иммунизации.

Иммунизация была проведена согласно схеме исследований (табл. 1).

Порядок применения схем иммунизации и физиологический возраст животных подбирали по аналогии использования зарегистрированной вакцины Mastivak РК-ВП-1-2486-13 (производитель — Laboratorios Ovejero S.A., Испания).

Критерий оценки — количество случаев заболевания первотёлок эндометритами, которые учитывались в течение месяца после отёла.

На третьем этапе исследовали внутриматочные выделения коров с эндометритами. Для этого сформировали две группы животных, одна из которых подвергалась двукратной иммунизации испытуемым препаратом (опытная группа), а второй группе вводился препарат плацебо (физиологический раствор) (контрольная группа).

Животных подбирали по принципу аналогов, то есть у всех коров в опытной и контрольной группах были стандартные параметры массы тела, возраст, состояние здоровья. Всего исследовано по 60 образцов в каждой группе. Исследования проводили с помощью бактериологического метода с использованием метода масс-спектрометрии (MALDI-ToF, компания Bruker, Германия)⁴.

Схема трех этапов исследования по количеству животных и названию групп показана на рисунке 1.

Математическая обработка полученных результатов проводилась с помощью методического руководства «Биометрическая обработка лабораторных, клинических и эпизоотологических данных»⁵.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

На первом этапе определена специфическая эффективность вакцины против инфекционных маститов и эндометритов коров инактивированной по количеству случаев заболевания коров эндометритами (табл. 2).

Эндометриты зафиксированы у 14,2% в опытной группе и 52,5% животных в контрольной группе в течение месяца после отёла. Таким образом, коровы в опытной группе (14,2%), иммунизированные вакциной против инфекционных маститов и эндометритов коров инактивированной, заболевали эндометритом в 3,7 раза реже по сравнению с контрольной группой животных (52,5%).

При сравнении выбранных двух схем иммунизации эндометриты были зафиксированы у 10% коров в 1-й и 2-й опытных группах, что в 3,7 раза ниже, чем у животных в контрольной группе (36,6%) (табл. 3).

В последующем после лечения эндометриты не наблюдали. Лечение проводили ветеринарные врачи хозяйства антимикробными препаратами по стандартной схеме — «Цефтиофен» (Вьетнам) внутримышечно и «Гипофизин LA Вейкс» (Германия) внутримышечно три дня подряд согласно инструкции производителя.

Таким образом, установили, что обе схемы иммунизации животных являются эффективными в борьбе с заболеваемостью отелившихся коров эндометритами.

С целью установления влияния иммунизации коров на видовой спектр микроорганизмов, входящих в со-

Таблица 1. Схема иммунизации животных вакциной против инфекционных маститов и эндометритов коров инактивированной

Table 1. Scheme of animal immunization with inactivated vaccine against infectious mastitis and endometritis of cows

Группа	Физиологический возраст животного	Кратность иммунизации	Голов, n
1-я опытная	тёлки 6–8 мес.	двукратно с интервалом 21–28 дней, ревакцинация однократно каждые 6 мес.	30
2-я опытная	тёлки 7–8 мес. стельности	двукратно с интервалом 21–28 дней	30
Контроль	тёлки 6–8 мес.	не иммунизировали	30

Рис. 1. Схема этапов исследования

Fig. 1. The scheme of the research stages

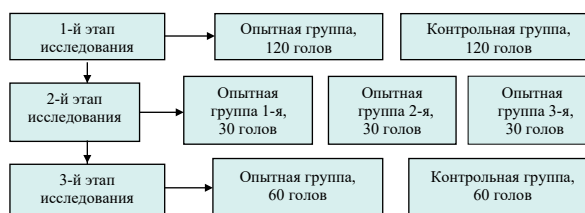


Таблица 2. Заболеваемость коров эндометритами при использовании вакцины против инфекционных маститов и эндометритов коров инактивированной

Table 2. The incidence of cows with endometritis when using a vaccine against infectious mastitis and endometritis of cows inactivated

Группа	Количество коров, n	Эндометриты, гол/% в течение месяца после отёла
Опытная	120	17/14,2
Контрольная	120	63/52,5

Таблица 3. Заболеваемость животных эндометритом опытных и контрольной групп

Table 3. Morbidity of animals with endometritis of experimental and control groups

Группа	Эндометриты, n (%) в течение месяца после отёла
1-я опытная	3 (10)
2-я опытная	3 (10)
Контроль	11 (36,6)

Таблица 4. Результаты бактериологического исследования выделений коров с эндометритами после иммунизации вакциной, инактивированной против инфекционных маститов и эндометритов коров

Table 4. The results of a bacteriological study of the secretions of cows with endometritis after immunization with a vaccine against infectious mastitis and endometritis of cows inactivated

№	Наименование микроорганизма	Инцидентность выделения	
		опытная, %	контрольная, %
1	<i>Escherichia coli</i>	19	65
2	<i>Staphylococcus aureus</i>	14	31
3	<i>Streptococcus pyogenes</i>	6	18
4	<i>Streptococcus dysgalactiae</i>	12	24
5	<i>Streptococcus agalactiae</i>	1	15
6	<i>Streptococcus uberis</i>	0	6
7	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	10	34

став препарата, вызывающих или осложняющих эндометриты у отелившихся животных, исследованы внутриматочные выделения коров (табл. 4).

⁴ Методические указания по идентификации микроорганизмов с применением масс-спектрометра MALDI Biotyper при исследовании продовольственного сырья и пищевых продуктов (одобрены НТС Россельхознадзора от 03.04.2014).

⁵ Маринин Е.А. Биометрическая обработка лабораторных, клинических и эпизоотологических данных. Методическое руководство / Е.А. Маринин. Новочеркасск: СКЗНИВИ. 1980; 38.

Как видно из данных (табл. 4), иммунизация в значительной мере влияет на видовой состав возбудителей, выявляемых при бактериологическом исследовании проб внутриматочных выделений от коров, иммунизированных вакциной против инфекционных маститов и эндометритов коров инактивированной. Так, у коров контрольной неиммунизированной группы *E. coli* при эндометритах выделяли в 3,4 раза чаще (65% образцов) в сравнении с животными опытной группы (в 19% случаев).

Аналогичную картину наблюдали и по другим микроорганизмам: количество выявления изолятов *S. aureus* в 2,2 раза меньше в опытной группе, *S. Agalactiae* — в 15,0 раз, *S. dysgalactiae* — в 2,0 раза, *S. uberis* — в 6,0 раз, *S. Pyogenes* — в 3,0 раза, *K. pneumoniae* — в 3,4 раза реже в сравнении с контрольной группой.

Таким образом, двукратное применение вакцины против инфекционных маститов и эндометритов коров инактивированной способствует снижению выделения возбудителей эндометрита коров (*E. coli*, *S. aureus*, *S. pyogenes*, *S. dysgalactiae*, *S. agalactiae*, *S. uberis*, *K. pneumoniae*).

Предупреждение, своевременное выявление и использование эффективных средств и методов лечения воспалительных заболеваний матки у коров представляют собой актуальную проблему, так как специфическая профилактика при эндометритах коров на сегодняшний день мало изучена [16].

Выводы/Conclusion

На первом этапе опыта выяснили, что применение вакцины против инфекционных маститов и эндометритов коров инактивированной способствует уменьшению количества случаев заболевания животных эндометритами в опытной группе по сравнению с контрольной. Коровы в опытной группе (14,2%), иммунизированные

вакциной против инфекционных маститов и эндометритов коров инактивированной, заболели эндометритом в 3,7 раза реже по сравнению с контрольной группой животных (52,5%).

Второй этап опыта показал, что обе схемы вакцинации животных являются эффективными в борьбе с заболеваемостью отелившихся коров эндометритами. При сравнении выбранных двух схем иммунизации эндометриты были зафиксированы у 10% коров в 1-й и 2-й опытных группах, что в 3,7 раза ниже, чем у животных в контрольной группе (36,6%).

На третьем этапе опыта установили, что иммунизация животных вакциной против инфекционных маститов и эндометритов коров инактивированной позволяет снизить обнаружение возбудителей эндометрита коров из внутриматочных выделений (*E. coli*, *S. aureus*, *S. pyogenes*, *S. dysgalactiae*, *S. agalactiae*, *S. uberis*, *K. pneumoniae*). Так, у коров контрольной неиммунизированной группы *E. coli* при эндометритах выделяли в 3,4 раза чаще (65% образцов) в сравнении с животными опытной группы (в 19% случаев). Аналогичную картину наблюдали и по другим микроорганизмам: количество выявления изолятов *S. aureus* в 2,2 раза меньше в опытной группе, *S. agalactiae* — в 15,0 раз, *S. dysgalactiae* — в 2,0 раза, *S. uberis* — в 6,0 раз, *S. pyogenes* — в 3,0 раз, *K. pneumoniae* — в 3,4 раза реже в сравнении с контрольной группой.

Таким образом, вакцина против инфекционных маститов и эндометритов коров инактивированная (ООО «Ветбиохим», Россия, экспериментальная серия № 1) может быть рекомендована для применения в скотоводческих хозяйствах с целью снижения количества случаев эндометритов.

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные.

Все авторы внесли равный вклад в работу.

Авторы в равной степени принимали участие в написании

рукописи и несут равную ответственность за плагиат.

Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

All authors made an equal contribution to the work.

The authors were equally involved in writing the manuscript and bear

the equal responsibility for plagiarism.

The authors declare no conflict of interest.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Давыденкова О.В., Русскин А.С. Надежное решение проблемы острого гнойно-катарального эндометрита у коров. *Эффективное животноводство*. 2021; (2): 11–13. <https://elibrary.ru/pcryhu>
2. Лунова А.А. Профилактика и лечение послеродового эндометрита у коров. *Вестник молодежной науки Алтайского государственного аграрного университета*. 2021; (1): 281–284. <https://elibrary.ru/klsrn>
3. Михалев В.И., Мисайлов В.Д., Сулейманов С.М., Толкачев И.С. Эффективность применения энрофура для лечения и профилактики острого послеродового эндометрита у коров. *Ветеринарная патология*. 2007; (3): 228–231. <https://elibrary.ru/ofnafr>
4. Пасько Н.В., Михалев В.И., Скориков В.Н., Сашнина Л.Ю., Чусова Г.Г., Ермолова Т.Г. Эффективность применения антиметриаста для профилактики послеродового эндометрита у коров. *Ученые записки учреждения образования «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины»*. 2022; 58(1): 51–55. <https://elibrary.ru/kgldo>
5. Красочко П.А., Снитко Т.В., Черных О.Ю. Повышение эффективности лечения коров, больных послеродовым эндометритом, с помощью аспарагиновой кислоты. *Аграрная наука*. 2021; (4S): 53–55. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-347-4-53-55>
6. Хасанов Н., Давлатмуродов Т., Сатторов Н., Баротов С. Сравнительная оценка эффективности разных методов лечения при острых маститах и эндометритах у дойных коров. *Кишоварз*. 2009; (4): 21–23. <https://elibrary.ru/llretn>
7. Дубовикова М.С., Коба И.С., Новикова Е.Н. Лечение хронического эндометрита новым препаратом «Флориназол». *Научный журнал КубГАУ*. 2016; 123: 1011–1025. <https://doi.org/10.21515/1990-4665-123-070>
8. Ключников А.Г., Карташов С.Н., Грибов К.П. Морфофункциональные показатели у коров при эндометритах, вызванных *Haemophilus somnus*. *Ветеринарная патология*. 2011; (1–2): 43–45. <https://elibrary.ru/nzaumj>

REFERENCES

1. Davydenkova O.V., Russkin A.S. Reliable solution to the problem of acute purulent-catarrhal endometritis in cows. *Effektivnoe zhivotnovodstvo*. 2021; (2): 11–13 (In Russian). <https://elibrary.ru/pcryhu>
2. Luneva A.A. Prevention and treatment of postnatal endometritis in cows. *Vestnik molodezhnoy nauki Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2021; (1): 281–284 (In Russian).
3. Mikhalev V.I., Misaylov V.D., Suleymanov S.M., Tolkachev I.S. The effectiveness of enrofur for the treatment and prevention of acute postpartum endometritis in cows. *Russian Journal of Veterinary Pathology*. 2007; (3): 228–231 (In Russian). <https://elibrary.ru/ofnafr>
4. Pasko N.V., Mikhalev V.I., Skorikov V.N., Sashnina L.Yu., Chusova G.G., Ermolova T.G. The effectiveness of the use of a centimeter and a place for the prevention of postpartum endometritis in cows. *Scientific notes of the educational institution «Vitebsk Order «Badge of Honor» State Academy of Veterinary Medicine»*. 2022; 58(1): 51–55 (In Russian). <https://elibrary.ru/kgldo>
5. Krasochko P.A., Snitko T.V., Chernykh O.Yu. Increasing the efficiency of treatment of cows with post-birth endometritis using asparaginic acid. *Agrarian science*. 2021; (4S): 53–55 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-347-4-53-55>
6. Khasanov N., Davlatmurodov T., Sattorov N., Barotov S. Comparative estimation of effectivity of different treatment methods during keen mastitis and endometrits in cows. *Kishovarz*. 2009; (4): 21–23 (In Russian). <https://elibrary.ru/llretn>
7. Dubovikova M.S., Koba I.S., Novikova E.N. Treatment of chronic endometritis with the new drug «Florinazole». *Scientific Journal of KubSAU*. 2016; 123: 1011–1025 (In Russian). <https://doi.org/10.21515/1990-4665-123-070>
8. Klyuchnikov A.G., Kartashov S.N., Gribov K.P. Morphofunctional parameters in cows with endometritis caused by *Haemophilus somnus*. *Russian Journal of Veterinary Pathology*. 2011; (1–2): 43–45 (In Russian). <https://elibrary.ru/nzaumj>

9. Войтенко Л.Г., Войтенко О.С. Новое средство для лечения коров при послеродовом гнойно-катаральном эндометрите. *Ветеринарный врач*. 2021; (3): 4–9. <https://elibrary.ru/afyfsk>

10. Семиволос А.М., Агольцов В.А., Брюханова А.А., Почепня Е.С. Микрофлора содержимого матки коров при остром послеродовом гнойно-катаральном эндометрите и ее чувствительность к антибактериальным препаратам. *Аграрный научный журнал*. 2021; (7): 71–73. <https://doi.org/10.28983/asj.y2021i7pp71-73>

11. Балбуцкая А.А., Скворцов В.Н., Белимова С.С. Антибиотикограмма микроорганизмов, выделенных от больных острым эндометритом коров. *Ветеринарный врач*. 2019; (5): 4–10. <https://elibrary.ru/bnphlb>

12. Бахтияева Д.М., Андреева А.В. Этиология и клинические признаки возникновения хронического эндометрита у коров. *European Research: Innovation in Science, Education and Technology. LXIX International Correspondence Scientific and Practical Conference*. London: Problems of Science. 2021; 70–71. <https://elibrary.ru/piwkai>

13. Грига О.Э., Грига Э.Н., Боженков С.Е. Видовой состав микрофлоры и ее свойства при послеродовом гнойно-катаральном эндометрите у коров. *Ветеринарная патология*. 2013; (1): 17–21. <https://elibrary.ru/qarctf>

14. Косолович Л.Н., Иванова С.Н. Микрофлора содержимого матки коров при послеродовом эндометрите и ее чувствительность к антибактериальным средствам и прополису. *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии*. 2013; (1): 83–88. <https://elibrary.ru/qauusz>

15. Моисеева К.А., Войтенко Л.Г., Тушев В.А. Фитотерапия: понимание и применение этноветеринарных способов лечения при послеродовом эндометрите и cervicitis у коров. *Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК — продукты здорового питания*. 2022; (3): 37–41. <https://elibrary.ru/qnilyi>

16. Лаптева Л.И., Околов В.И. Условно-патогенная микрофлора при эндометритах и их комплексная терапия. *Эпизоотология, диагностика и профилактика хронических инфекционных болезней животных. Международная научная конференция, посвященная 175-летию аграрной науки Сибири*. Омск. 2003; 385–391. <https://elibrary.ru/tzpmrv>

17. Грига О.Э., Грига Э.Н., Грига Э.Э. Применение растительных лекарственных средств при остром послеродовом гнойно-катаральном эндометрите у коров. *Сборник научных трудов Ставропольского научно-исследовательского института животноводства и кормопроизводства*. 2006; 2(2–2): 109–113. <https://elibrary.ru/onjgod>

9. Voitenko L.G., Voitenko O.S. New treatment for cows with postpartum purulent-catarrhal endometritis. *Veterinary Vrach*. 2021; (3): 4–9 (In Russian). <https://elibrary.ru/afyfsk>

10. Semivolos A.M., Agoltsov V.A., Bryukhanova A.A., Pochepnya E.S. Microflora of the contents of the uterus of cows with acute postpartum purulent-catarrhal endometritis and its sensitivity to antibacterial preparations. *Agrarian Scientific Journal*. 2021; (7): 71–73 (In Russian). <https://doi.org/10.28983/asj.y2021i7pp71-73>

11. Balbutskaya A.A., Skvortsov V.N., Belimova S.S. Antibigram of microorganisms isolated from the dairy cattle with acute endometritis. *Veterinary Vrach*. 2019; (5): 4–10 (In Russian). <https://elibrary.ru/bnphlb>

12. Bakhtieva D.M., Andreeva A.V. Etiology and clinical signs of chronic endometritis in cows. *European Research: Innovation in Science, Education and Technology. LXIX International Correspondence Scientific and Practical Conference*. London: Problems of Science. 2021; 70–71 (In Russian). <https://elibrary.ru/piwkai>

13. Griga O.E., Griga E.N., Bozhenov S.E. Species composition of microflora and its properties in postpartum purulent-catarrhal endometritis in cows. *Russian Journal of Veterinary Pathology*. 2013; (1): 17–21 (In Russian). <https://elibrary.ru/qarctf>

14. Kosolovich L.N., Ivanova S.N. The microflora of the contents of the uterus of cows with postpartum endometritis and its sensitivity to antibacterial agents and propolis. *Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy*. 2013; (1): 83–88 (In Russian). <https://elibrary.ru/qauusz>

15. Moiseeva K.A., Voitenko L.G., Tushev V.A. Phytotherapy: understanding and using ethnoveterinary treatments for postpartum endometritis and cervicitis in cows. *Technologies of the food and processing industry of AIC — healthy food*. 2022; (3): 37–41 (In Russian). <https://elibrary.ru/qnilyi>

16. Lapteva L.I., Okolelov V.I. Conditionally pathogenic microflora in endometritis and their complex therapy. *Epizootology, diagnosis and prevention of chronic infectious diseases of animals. International Scientific Conference dedicated to the 175th anniversary of Siberian Agricultural Science*. Omsk. 2003; 385–391 (In Russian). <https://elibrary.ru/tzpmrv>

17. Griga O.E., Griga E.N., Griga E.E. The use of herbal medicines in acute postpartum purulent-catarrhal endometritis in cows. *Sbornik nauchnykh trudov Stavropolskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta zhivotnovodstva i kormoproizvodstva*. 2006; 2(2–2): 109–113 (In Russian). <https://elibrary.ru/onjgod>

ОБ АВТОРАХ

Евгений Валерьевич Иванов¹

кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник
doctor2112@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0001-6602-5313>

Андрей Владимирович Капустин¹

доктор биологических наук, заместитель директора по научной работе
kapustin_andrei@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0136-2487>

Наталья Николаевна Авдеевская²

научный сотрудник отдела по изучению болезней животных
инфекционной этиологии
Natali.Avduevskaya@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-6392-5823>

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии им. К.И. Скрябина и Я.Р. Коваленко Российской академии наук, Рязанский пр-т, 24, корп. 1, Москва, 109428, Россия

² Вологодский филиал Федерального научного центра — Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии им. К.И. Скрябина и Я.Р. Коваленко Российской академии наук, ул. Чехова, 10, Вологда, 160000, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Evgeny Valeryevich Ivanov¹

Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher
doctor2112@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0001-6602-5313>

Andrey Vladimirovich Kapustin¹

Doctor of Biological Sciences, Deputy Director for Scientific
kapustin_andrei@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0136-2487>

Natalia Nikolaevna Avduevskaya²

Researcher of the Department for the Study of Animal Diseases
of Infectious Etiology
Natali.Avduevskaya@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-6392-5823>

¹ Federal State Budget Scientific Institution “Federal Scientific Centre VIEV”,
24 building 1 Ryazansky Ave., Moscow, 109428, Russia

² Vologda Branch of Federal Scientific Center — Federal State Budget Scientific Institution “Federal Scientific Centre VIEV”,
10 Chekhov Str., Vologda, 160000, Russia

Е.А. Колесник¹ ✉
 М.А. Дерхо²
 М.Б. Ребезов^{3, 4}

¹Российский государственный аграрный университет — МСХА им. К.А. Тимирязева, Москва, Россия

²Южно-Уральский государственный аграрный университет, Троицк, Россия

³Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова Российской академии наук, Москва, Россия

⁴Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

✉ evgeniy251082@mail.ru

Поступила в редакцию:
10.11.2023

Одобрена после рецензирования:
25.12.2023

Принята к публикации:
10.01.2024

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-378-1-65-74

Evgeniy A. Kolesnik¹ ✉
 Marina A. Derkho²
 Maksim B. Rebezov^{3, 4}

¹Russian State Agrarian University — Moscow State Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Moscow, Russia

²South Ural State Agrarian University, Troitsk, Russia

³V.M. Gorbатов Federal Scientific Center for Food Systems of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

⁴Ural State Agrarian University, Yekaterinburg, Russia

✉ evgeniy251082@mail.ru

Received by the editorial office:
10.11.2023

Accepted in revised:
25.12.2023

Accepted for publication:
10.01.2024

Формы дегенерации клеток крови, их физиологическое и клиническое значение, механизмы образования, тени клеток в мазках крови птиц

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Представлен обзор закономерностей появления, физиологического и клинического значения теней клеток, сравнительный экспериментальный цитоморфологический анализ на примере полихроматофильных эритробластов (*PolyErythro*), теней эритробластов (*ShadErythro*) и недифференцированных теней клеток в мазках периферической крови кур *Gallus gallus* L. кросса *Hubbard ISA F15* раннего онтогенеза.

Методы. Исследованные особи были разделены на четыре группы ($n = 40$) в зависимости от возраста цыплят (*Postembryonalis* — *P1*, *P7*, *P23* и *P42*): 1, 7, 23 и 42 дня постэмбрионального онтогенеза) промышленного стада. Осуществляли характеристику апоптотических изменений *ShadErythro*, недифференцированных теней клеток. Вычисляли и характеризовали морфобиологические параметры *PolyErythro*, *ShadErythro* и неидентифицированных теней клеток по выполненным цветным с высоким разрешением микрофотографиям в мазках крови цыплят-бройлеров (окрашенных по Паппенгейму). Всего было проанализировано 158 ($n = 158$) микрофотографий.

Результаты. Структурированные *ShadErythro* были в состоянии хроматинизации. Неидентифицированные тени клеток находились в состоянии цитолиза, фрагментации цитоплазмы, отмечались кариопикноз и кариорексис, фрагментация хроматина, кариолизис. Структурированные *ShadErythro* и недифференцированные тени клеток имели светло-пурпурный цвет с красноватым оттенком. Регистрировалась значительная разница площади *ShadErythro* (S_{shadow} , μm^2), превосходящей площадь *PolyErythro* (S_{cell} , μm^2), в пределах 25% ($p \leq 0,001$), превышение процента различия минимальных от максимальных значений площади *ShadErythro* ($P_{shad-cell-differ.-min-max}$, %) от $P_{cell-differ.-min-max}$, % *PolyErythro* составило 36% ($p \leq 0,001$). Разница процента различия минимальных от максимальных значений площади ядра эритробластов ($P_{nucleus-differ.-min-max}$) и тени ядра эритробластов ($P_{shad-nucle.-differ.-min-max}$) достоверно меньше аналогичных величин (отмеченных выше) по клеткам и теням эритробластов. Так, $P_{nucleus-differ.-min-max}$ превышал $P_{shad-nucle.-differ.-min-max}$ только на 21% ($p \leq 0,001$). Процент различия минимальных от максимальных значений ядерно-цитоплазматического соотношения *ShadErythro* ($P_{N/C Ratio-shad-cell}$) существенно превышал аналогичную величину *PolyErythro* ($P_{N/C Ratio}$) в пределах 64% ($p \leq 0,001$). При этом ядерно-цитоплазматическое соотношение *PolyErythro* ($N/C Ratio$) и *ShadErythro* ($N/C Ratio$) имело сравнительно минимальное различие. Ядерно-цитоплазматическое соотношение *ShadErythro* ($N/C Ratio-shad-cell$) превышало ядерно-цитоплазматическое соотношение *PolyErythro* ($N/C Ratio$) только на 12% ($p \leq 0,001$). *ShadErythro* максимально представлены у цыплят в возрасте *P1* — 40%, до 30% ($p \leq 0,05$) — в *P23*. В *P7* количество *ShadErythro* снижалось на 30% ($p \leq 0,05$), в *P42* регистрировалось понижение *ShadErythro* до 20% ($p \leq 0,05$). Охарактеризованная динамика *ShadErythro* обусловлена физиологическими адаптационными процессами организма бройлерных кур в раннем периоде постэмбрионального онтогенеза. Полученные данные комплексного сравнительного морфобиологического анализа форм дегенерации клеток крови будут полезными в клинической диагностике патологий животных, экспериментальных и теоретических изысканиях клеточных адаптаций системы крови и целостного организма.

Ключевые слова: эритробласты, полихроматофильные эритробласты, тени эритробластов, тени клеток, тень ядра, апоптоз, эритроцитоз, ядерно-цитоплазматическое соотношение, морфология крови, цыплята-бройлеры

Для цитирования: Колесник Е.А., Дерхо М.А., Ребезов М.Б. Формы дегенерации клеток крови, их физиологическое и клиническое значение, механизмы образования, тени клеток в мазках крови птиц. *Аграрная наука*. 2024; 378(1): 65–74. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-378-1-65-74>

© Колесник Е.А., Дерхо М.А., Ребезов М.Б.

Forms of degeneration of blood cells, their physiological and clinical significance, mechanisms of formation, shadows of cells in blood smears of birds

ABSTRACT

Relevance. An overview is presented of the patterns of appearance, physiological and clinical significance of shadows of cells, a comparative experimental cytomorphological analysis using the example of polychromatophilic erythroblasts (*PolyErythro*), shadows of erythroblast (*ShadErythro*) and undifferentiated shadows cells of in peripheral blood smears of chickens *Gallus gallus* L.

Methods. The studied individuals were divided into four groups ($n = 40$) depending on the age of the chickens (*Postembryonalis* — *P1*, *P7*, *P23*, and *P42*): 1, 7, 23, and 42 days of postembryonic ontogenesis) of a factory herd. *ShadErythro* apoptotic changes, undifferentiated cell shadows were characterized. Were calculated and characterized the morphophysiological parameters of *PolyErythro*, *ShadErythro* and unidentified shadows of cells by high-resolution color microphotographs in blood smears of birds (Pappenheim stained); a total of 158 ($n = 158$) microphotographs were analyzed.

Results. The structured *ShadErythro* were able in chromatinized. Unidentified shadows of cells were in a state of cytolysis, fragmentation of the cytoplasm, karyopycnosis and karyorrhexis, chromatin fragmentation, and karyolysis were noted. Structured of *ShadErythro* and undifferentiated shadows of cells were light purple with a reddish tint. Significant difference in the area of *ShadErythro* (S_{shadow} , μm^2) was recorded in the ascending area of *PolyErythro* (S_{cell} , μm^2), within 25% ($p \leq 0,001$), an increase in the percentage of difference between the minimum and maximum values of the *ShadErythro* area ($P_{shad-cell-differ.-min-max}$, %) of $P_{cell-differ.-min-max}$, % *PolyErythro* was 36% ($p \leq 0,001$). The difference in the percentage difference between the minimum and maximum values of the area of the nucleus of erythroblasts ($P_{nucleus-differ.-min-max}$) and the shadows of the nucleus of erythroblasts ($P_{shad-nucle.-differ.-min-max}$) is significantly less than the analogous values (noted above) for cells and shadows erythroblasts, for example, $P_{nucleus-differ.-min-max}$ exceeded $P_{shad-nucle.-differ.-min-max}$ by only 21% ($p \leq 0,001$). The percentage of difference between the minimum and maximum values of the nuclear-cytoplasmic ratio *ShadErythro* ($P_{N/C Ratio-shad-cell}$) significantly exceeded the analogous value of *PolyErythro* ($P_{N/C Ratio}$) within 64% ($p \leq 0,001$). At the same time, the nuclear-cytoplasmic ratio of *PolyErythro* ($N/C Ratio$) and *ShadErythro* ($N/C Ratio$) had a relatively minimal difference. The *ShadErythro* nuclear-cytoplasmic ratio ($N/C Ratio-shad-cell$) exceeded the *PolyErythro* nuclear-cytoplasmic ratio ($N/C Ratio$) by only 12% ($p \leq 0,001$). *ShadErythro* is maximally represented in chickens aged *P1* — 40% and up to 30% ($p \leq 0,05$) in *P23*. In *P7*, the amount of *ShadErythro* decreased by 30% ($p \leq 0,05$), in *P42*, a decrease in *ShadErythro* to 20% ($p \leq 0,05$) was recorded. The described dynamics of *ShadErythro* is due to physiological adaptive processes in the body of broiler chickens in the early period of postembryonic ontogenesis. The data obtained by us from a comprehensive comparative morphophysiological analysis of forms of degeneration of blood cells will be useful in the clinical diagnosis of animal pathologies, experimental and theoretical studies of cellular adaptations of the functional blood system and the whole organism.

Key words: erythroblasts, polychromatophilic erythroblasts, shadows of erythroblasts, shadows of cells, shadows of nucleus, apoptosis, eryptosis, nuclear-cytoplasmic ratio, blood morphology, broiler chickens

For citation: Kolesnik E.A., Derkho M.A., Rebezov M.B. Forms of degeneration of blood cells, their physiological and clinical significance, mechanisms of formation, shadows of cells in blood smears of birds. *Agrarian science*. 2024; 378(1): 65–74 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-378-1-65-74>

© Kolesnik E.A., Derkho M.A., Rebezov M.B.

Введение/Introduction

С развитием проточной цитометрии ускоряется общий клинический анализ морфологии крови, особенно в гуманной медицине. Однако существующие на сегодняшний день методики проточной цитометрии имеют множество ограничений и особенностей реализации их на практике. Данным методом невозможно индивидуальное выявление в функциональной морфологии как физиологических, так и патологических изменений в клетках крови.

В биологии и ветеринарной медицине в связи с большой вариабельностью морфофизиологии клеток крови тотальным пулом ядерных клеток, как в организме рыб (*Pisces*), амфибий (*Amphibia*), рептилий (*Reptilia*), так и птиц (*Aves*), ведущим методом анализа является изучение картины в мазках клеток периферической крови и костного мозга [1–3]. При этом птицы представляют собой прогрессивный класс позвоночных животных, имеющих схожие черты как с млекопитающими (полная гомойотермность физиологически зрелого организма), так и с пресмыкающимися (тотальная ядерность клеток крови, включая ядерные тромбоциты, обладающие способностью к фагоцитозу) [4–6].

Птицам (и особенно птенцам в ювенальном постнатальном онтогенезе) свойственна нормальная циркуляция в периферической крови эритробластов различных групп зрелости, в том числе базофильных (в самом раннем периоде) и полихроматофильных (более продолжительное время) [1–8]. В связи с этим птицы являются важной репрезентативной моделью изучения многих биологических процессов онтогенеза, процессов адаптации организма к нормальным и патологическим факторам среды жизнедеятельности [9–12].

В процессе морфологического анализа крови животных и человека исследователь изучает форменные элементы, в то же время в картине мазков, особенно у птиц, могут нередко встречаться так называемые тени клеток, являющиеся формами и стадиями дегенеративных изменений и завершения жизни клеток периферической крови и костного мозга [4–6].

Возникают закономерные вопросы, каким образом развиваются подобные дегенеративные изменения форменных элементов, каковы их молекулярные биохимические механизмы, почему тени бластных клеток оказываются в картине периферической крови животных (и особенно у птиц).

Какое клиническое значение могут иметь данные изменения структуры цитоплазмы и ядра клеток крови? Известно, что тени клеток (*shadow cells*, *smudge cells*) формируются в результате запрограммированной стадийной гибели клетки — апоптоза [13–17].

Для нормальной крови птиц в мазках характерно наличие фигур дегенерации ядер и клеток, то есть теней ядер, теней клеток (*shadow cells*, *smudge cells*) [3–6]. Это свидетельствует о большой структурной лабильности, «хрупкости» клеток крови птиц [4–6]. В принципе характеризует сравнительно высокую физиологическую активность форменных элементов крови птиц, которая наиболее свойственна раннему периоду после рождения, то есть ювенальному постэмбриональному онтогенезу птенцов [4]. Соответственно, в мазках крови молодых птиц часто встречаются истинные не артефактные тени — формы дегенерации клеток [4–6].

Дегенеративным изменениям путем апоптоза с образованием теней клеток подвергаются эритробласты, лимфобласты, миелобласты, эритроциты и лейкоциты. Какое физиологическое и клиническое значение

апоптоза в *shadow cells* и *smudge cells*? Дело в том, что механизмами апоптоза, во-первых, происходит физиологическая компенсационная и (или) адаптационная регуляция численности пула как бластных клеток (эритробластов, лимфобластов и миелобластов), так и зрелых эритроцитов и лейкоцитов [14, 16–20]. Во-вторых, вследствие патологических процессов самых различных нозологий (инфекционных, инвазионных и незаразных болезней) путем запуска апоптоза или его эндогенной блокировки изменяется численность бластных и зрелых форменных элементов — как в сторону уменьшения концентрации, так и роста количества клеток в русле периферической крови [13, 19, 21].

Экспериментально полученные тени клеток крови применяют в качестве маркеров воздействия индуцированного излучения на форменные элементы *in vitro* [22]. Тени эритроцитов *in vitro* применяли в качестве модельных объектов при изучении воздействия токсических концентраций фармакологических веществ на биологические объекты [23]. При этом в литературе гуманной медицины имеются разрозненные сведения по физиологическому и клиническому значению *shadow cells* и *smudge cells*. В литературе ветеринарной медицины представлены единичные подобные сведения и приводятся единичные микрофотографии теней клеток крови с их морфофизиологической характеристикой.

Цели работы — обзор закономерностей появления, физиологического и клинического значения теней клеток, сравнительный цитоморфологический анализ на примере полихроматофильных эритробластов, теней эритробластов и недифференцированных теней клеток в мазках периферической крови кур *Gallus gallus* L. раннего онтогенеза.

J. Ma *et al.* [16] отмечают, что эндогенный апоптоз эритробластов является нормальным (физиологическим) механизмом регуляции концентрации созревающих и зрелых эритроцитов в периферической крови.

Было установлено, что при хронической горной болезни развивающийся эритроцитоз у пациентов вызван эндогенным компенсационным подавлением физиологического апоптоза эритробластов в костно-мозговом пуле [16].

Авторы [16] отмечают один из основных механизмов подавления физиологического апоптоза эритробластов посредством внутриклеточных белковых факторов BCL-2.

Было показано, что факторы BCL-2 противодействовали коллапсу внешней митохондриальной мембраны эритробластов и таким образом способствовали сохранению целостности и функциям внешних митохондриальных мембран, повышался митохондриальный мембранный потенциал эритробластов, вследствие этого существенно снижался физиологический регулируемый апоптоз эритробластов [16]. Доказано, что мембранно-протективный механизм в сохранении целостности митохондрий клеток крови у белков BCL-2 заключается в том, что белки BCL-2 блокируют перекисное окисление липидной мембраны митохондрий, таким образом противодействуя запуску каскада апоптогенных ферментов — каспаз [16].

Необходимо уточнить: белковые факторы BCL-2 подразделяются на группы собственно BCL-2 и BCL-XL, ингибирующие апоптоз эритробластов, и Bax, Bid, Bad, BCL-XS, Bak, которые, наоборот, способствуют апоптозу эритробластов [16].

J. Ma *et al.* [16] отмечают, что белковый фактор гипоксии HIF-1a уменьшает экспрессию фактора Bax

и увеличивает продукцию собственно BCL-2, таким образом, у пациентов с хронической горной болезнью снижался физиологический апоптоз эритробластов, вследствие этого формировался компенсационный адаптационный гипоксический эритроцитоз. Однако в практически обратном процессе (при экспериментальной анемии) путем апоптоза элиминируются поврежденные, аномальные, то есть дисфункциональные, эритробласты и эритроциты [19].

A. Diwan *et al.* отмечают один из важных аутогенных механизмов компенсации анемии [19]. Так, при развитии анемии путем регуляторного апоптоза могут элиминироваться субпопуляции ранних эритробластов с низкой рецепторной чувствительностью к эритропоэтину [19].

По данным [13], модельная миелома у мышей V κ *MYK (*Mus musculus*) провоцировала развитие апоптоза эритробластов. Так, как было показано авторами, злокачественные плазматические клетки экспрессировали лиганд апоптогенных рецепторов Fas/Fas-L, соответственно, вследствие этого продуцировался активный фермент каспаза (семейство цистеиновых протеаз [15]), которая индуцировала апоптоз эритробластов в костном мозге [13]. В результате апоптоза эритробластов, как было установлено авторами, развивалась железодефицитная анемия в организме модельных мышей V κ *MYK с активным вторичным конкурентным поглощением ионов железа макрофагами в строме костного мозга [13].

Предложен новый термин для обозначения физиологической, регуляторной дегенерации и гибели эритробластов и эритроцитов — эриптоз [18, 20]. По механизму действия эриптоз схож с апоптозом. Также ведущими молекулярными агентами эриптоза являются Fas-рецепторы на мембране эритроцитов и эритробластов, каскад ферментов — каспаз [20].

Особенностью эриптоза является процесс лавинного тока ионов кальция в цитозоль эритробластов и эритроцитов вследствие активации протеинкиназы C и фосфорилирования катионных каналов плазмалеммы [20]. Открывание Ca²⁺-зависимых K⁺-каналов приводит к выходу из клеток ионов K⁺, а следовательно, и анионов Cl⁻, и молекул воды, что приводит к сжатию эритробластов и эритроцитов и, соответственно, их дисфункции при эриптозе [20].

Необходимо отметить, что апоптоз циркулирующих лейкоцитов, в том числе полиморфно-ядерных, в норме — это физиологический процесс регуляции численности популяции белых клеток крови [15].

Было установлено гомеостатическое регуляторное значение апоптоза дисфункциональных лимфоцитов для корректного функционирования системы иммунитета [17].

K. Newton *et al.* [17] отмечают, что физиологическим апоптозом элиминируются лимфоциты, которые не могут экспрессировать рецепторы антигенов, а также ликвидируются агранулоциты с рецепторами антигенов, которые распознают аутоантигены. Таким образом, сохраняется соматическая аутоотолерантность [17]. Также элиминируются лимфоциты, которые израсходовали свои метаболические ресурсы в иммунологическом процессе [17].

При патологиях различной этиологии диагностируют выраженный апоптоз лейкоцитов. B.L. Jaber *et al.* [15] отмечали у пациентов с хронической почечной недостаточностью апоптоз лимфоцитов, моноцитов и гранулоцитов.

Тени лимфоцитов и лимфобластов в клинической диагностике, а именно тени Боткина — Гумпрехта,

являются патоморфологическими маркерами хронического лимфолейкоза [21]. Также апоптозные тени клеток крови могут быть разрушены предшественниками гранулоцитарного звена, в том числе миелоцитами и «эритроцитарного роста». В этом случае данные патоморфологические элементы могут служить маркерами острого и хронического миелолейкоза, гемолитической анемии [24].

Однако необходимо отметить, что тени лимфоцитов, лимфобластов, миелоцитов и эритробластов в диагностике онкологических нозологий являются только одним из клинических звеньев, так как тени клеток крови и костного мозга могут появляться при многих инфекционных и инвазионных процессах, не связанных с онкологическими болезнями [2, 24].

Молекулярно-сигнальные и ферментативные механизмы апоптоза лейкоцитов во многом аналогичны с таковыми при апоптозе эритробластов [13–16, 18–20].

Установлено, что апоптоз лейкоцитов (и в частности, гранулоцитов) может происходить по механизму, обусловленному воздействием на клетки крови супероксид-радикалов, продуцируемых вследствие стресс-факторов или физиологических эндогенных причин, в том числе нормальному фагоцитозу, свойственному функциям моноцитов и гранулоцитов в периферической крови [15]. При этом основным клеточным источником супероксид-радикалов и других активных форм кислорода являются митохондрии в клетках крови [15].

Характеризуют следующий механизм запуска оксигенозависимого апоптоза. Вследствие того, что супероксид-радикалы и другие активные формы кислорода окисляют фосфолипиды внешней мембраны митохондрий, происходит нарушение целостности мембраны и повышение ее проницаемости [15]. Благодаря этому цитохром C, митохондриальный гемовый белок, необходимый для функций дыхательной ферментативной цепи митохондрий, может проникать в цитозоль (цитоплазму клеток крови), где он способен соединяться с ICE-подобной протеазой [15]. Далее этот ферментный комплекс активирует каскад ферментов — каспаз, обеспечивающих в итоге процессы апоптоза на морфологическом уровне [15].

Тени клеток крови являются актуальными биомедицинскими модельными объектами. Так, авторы [23] использовали в качестве модели тени эритроцитов лабораторных млекопитающих (*Mammalia*), искусственно (особым образом) полученные с сохранением бислойного фосфолипидного матрикса. Данные модельные тени эритроцитов служили субстратом для оценки концентрационного диапазона химических веществ (мелафена, фенозана, феноксана и подобных биологически активных веществ), не вызывающего деструкцию в биологических объектах [23].

В эксперименте аппаратной ультразвуковой деструкцией *in vitro* клеток крови у клинически здоровых непарнокопытных (*Perissodactyla*), в том числе лошадей спортивного типа (*Equidae s. Solidungula*), получали тени гранулярных и агранулярных лейкоцитов, а также эритроцитов [22].

A.A. Солдатов *с соавт.* [25] изучали эритроцитарный профиль периферической крови морской рыбы (*Neogobius melanostomus*) в условиях экспериментальной гипотермии, в циркулирующей крови рыб отмечались тени эритроцитов (*red blood cell smudges*). Однако, по сведениям авторов [25], достоверных различий в циркуляции теней эритроцитов (*smudge cells*) в контрольной и опытной (в условиях переохлаждения) группах не было установлено.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследования проведены в соответствии с принципами гуманного обращения с подопытными животными, изложенными в директивах Европейского парламента и Совета ЕС по охране животных, используемых в научных целях (Директива № 2010/63/EU).

Экспериментальная часть работы выполнена на ООО «Чебаркульская птица» (Чебаркульский р-н, Челябинская обл., Россия).

Объектом исследования служили бройлерные цыплята *Gallus gallus* L. кросса *Hubbard ISA F15* промышленного стада, из которых в цехе выращивания (клеточное содержание), согласно принципам случайной выборки и сбалансированных групп, сформировали четыре группы ($n = 40$). Возраст цыплят в каждой из групп составил 1, 7, 23 и 42 дня постэмбрионального онтогенеза (*Postembryonalis*) — *P1*, *P7*, *P23* и *P42* соответственно.

Экспериментальные группы кур *Gallus gallus* L. по *Anamnesis vitae* клинически (*status praesens*) соответствовали *fusce sanitas status* — статусу здоровых животных.

Кормление и содержание цыплят осуществляли в соответствии с зоогигиеническими нормами согласно рекомендациям (руководство *Hubbard ISA*¹).

Материалом исследований служила цельная кровь, которую собирали в стандартизированные вакуумные пробирки с ЭДТА путем декапитации цыплят-бройлеров в суточном и 7-суточном возрасте и прижизненно — пункцией подкрыльцовой вены у 23- и 42-дневных цыплят [26].

Окраску мазков крови производили по Паппенгейму (*A. Pappenheim*) [27].

Микрофотографии были получены с помощью биологического микроскопа МББ-1А («ЛОМО», Россия), оснащенного микрографической окулярной видеокамерой с матрицей разрешением 5 мегапикселей (Full HD High resolution HAYEAR CMOS 5.0 Megapixel microscope video camera, КНР) с визуализацией в программе *ToupView*² (*ToupTek Photonics*, КНР) [7, 8], с построенной светодиодной системой освещения микрореагентов белым спектром (реализован принцип Кёлера (*A. Köhler*) [7, 8, 27]. Для наиболее качественного изображения клеток крови применяли 90-кратный апохроматический объектив масляной иммерсии с апертурой 1,3 («ЛОМО», Россия), который позволяет получать микрофотографии со специальной коррекцией хроматических аберраций.

Калибровку видеокамеры производили по шкале объект-микрометра для проходящего света с ценой деления 0,01 мм («ОМП», «ЛОМО», Россия) в программе *ToupView*. На предмет изучения учитываемых клеток крови и теней клеток произведен анализ 158 ($n = 158$) выполненных микрофотографий полей зрения с форменными элементами периферической крови.

В программе *PhotoM 1.21*³ (Россия) [7, 8] определяли следующие величины:

- S_{cell} , μm^2 — площадь клетки, μm^2 ;
- $S_{nucleus}$, μm^2 — площадь ядра клетки, μm^2 ;
- S_{shadow} , μm^2 — площадь тени клетки, μm^2 ;
- $S_{shad.-nucleus}$, μm^2 — площадь тени ядра клетки, μm^2 .

По полученным цитоморфологическим величинам вычисляли следующие показатели в программе *Microsoft Office Excel 2007* (*Microsoft Corporation*, США):

$S_{cell-min-max}$, μm^2 — минимальную и максимальную площадь клетки, μm^2 ;

$P_{cell-differ.-min-max}$, % — процент различия минимальных от максимальных значений площади клетки, %:

$$P_{cell-differ.-min-max} = \frac{(S_{cell-max}, \mu m^2 \times 100)}{S_{cell-min}, \mu m^2}, \quad (1),$$

где: $S_{cell-max}$, μm^2 — максимальная площадь клетки, μm^2 ; $S_{cell-min}$, μm^2 — минимальная площадь клетки, μm^2 ; $S_{nucleus-min-max}$, μm^2 — минимальная и максимальная площадь ядра клетки, μm^2 ;

$P_{nucleus-differ.-min-max}$, % — процент различия минимальных от максимальных значений площади ядра клетки, %:

$$P_{nucleus-differ.-min-max} = \frac{(S_{nucleus-max}, \mu m^2 \times 100)}{S_{nucleus-min}, \mu m^2}, \quad (2),$$

где: $S_{nucleus-max}$, μm^2 — максимальная площадь ядра клетки, μm^2 ; $S_{nucleus-min}$, μm^2 — минимальная площадь ядра клетки, μm^2 ;

N/C Ratio — ядерно-цитоплазматическое соотношение по формуле [8, 28]:

$$N/C \text{ Ratio} = \frac{S_{nucleus}, \mu m^2}{(S_{cell}, \mu m^2 - S_{nucleus}, \mu m^2)}, \quad (3),$$

$P_{N/C \text{ Ratio}}$ — процент различия минимальных от максимальных значений *N/C Ratio*, %:

$$P_{N/C \text{ Ratio}} = \frac{(N/C \text{ Ratio}_{-max}, (\%) \times 100)}{N/C \text{ Ratio}_{-min}, (\%)}, \quad (4),$$

где: $N/C \text{ Ratio}_{-max}$, % — максимальное значение ядерно-цитоплазматического соотношения клетки; $N/C \text{ Ratio}_{-min}$, % — минимальное значение ядерно-цитоплазматического соотношения клетки.

$S_{shad.-min-max}$, μm^2 — минимальная и максимальная площадь тени клетки, μm^2 ; $P_{shad.-cell-differ.-min-max}$, % — процент различия минимальных от максимальных значений площади тени клетки, %:

$$P_{shad.-cell-differ.-min-max} = \frac{(S_{shad.-max}, \mu m^2 \times 100)}{S_{shad.-min}, \mu m^2}, \quad (5),$$

где: $S_{shad.-max}$, μm^2 — максимальная площадь тени клетки, μm^2 ; $S_{shad.-min}$, μm^2 — минимальная площадь тени клетки, μm^2 ; $S_{shad.-nucle.-min-max}$, μm^2 — минимальная и максимальная площадь тени ядра клетки, μm^2 ;

$P_{shad.-nucle.-differ.-min-max}$, % — процент различия минимальных от максимальных значений площади тени ядра клетки, %:

$$P_{shad.-nucle.-differ.-min-max} = \frac{(S_{shad.-nucle.-max}, \mu m^2 \times 100)}{S_{shad.-nucle.-min}, \mu m^2}, \quad (6),$$

где: $S_{shad.-nucle.-max}$, μm^2 — максимальная площадь тени ядра клетки, μm^2 ; $S_{shad.-nucle.-min}$, μm^2 — минимальная площадь тени ядра клетки, μm^2 ;

N/C Ratio-shad.-cell — ядерно-цитоплазматическое соотношение тени клетки:

$$N/C \text{ Ratio-shad.-cell} = \frac{S_{shad.-nucleus}, \mu m^2}{(S_{shadow}, \mu m^2 - S_{shad.-nucleus}, \mu m^2)}, \quad (7).$$

¹ <http://hubbardbreeders.com>

² <http://www.touptek.com/>

³ https://labx.narod.ru/documents/microscopy_programs.html

$P_{N/C \text{ Ratio-shad.-cell}}$ — процент различия минимальных от максимальных значений $N/C \text{ Ratio}_{\text{-shad.-cell}}$, %:

$$P_{N/C \text{ Ratio-shad.-cell}} = \frac{(N/C \text{ Ratio}_{\text{-shad.-cell-max}} (\%) \times 100)}{N/C \text{ Ratio}_{\text{-shad.-cell-min}} (\%)}, (8).$$

где: $N/C \text{ Ratio}_{\text{-shad.-cell-max}}$, % — максимальное значение ядерно-цитоплазматического соотношения тени клетки; $N/C \text{ Ratio}_{\text{-shad.-cell-min}}$, % — минимальное значение ядерно-цитоплазматического соотношения тени клетки.

В программе TourView определяли масштаб изображений, и на микрофотографиях размещали масштабную линейку с ценой деления в 10 микрометров (μm).

Все цифровые данные измеренных и проанализированных значений изучаемых параметров объекта исследования представлены средним арифметическим ($\bar{X}$) и стандартной ошибкой среднего — Standard Error Mean ($\pm \text{SEM}$). Гипотезу о том, что «случайные величины морфофизиологических параметров распределены нормально (распределение Гаусса)», проверяли критерием Шапиро-Уилка в программе Statistica 8.0 (StatSoft, Inc., США).

Степень и достоверность различий для вычисленных цитоморфологических параметров полихроматофильных эритробластов и теней эритробластов оценивали с помощью параметрического t-критерия Стьюдента для индивидуальных выборок (*T-test, single sample*), степень и достоверность различий для величины количества (%) теней эритробластов в периферической крови птицы по возрастам (по отношению к возрасту первых суток $P1$) — с помощью параметрического t-критерия Стьюдента для парных сравнений в программе Statistica 8.0 (StatSoft, Inc., США).

Критический уровень значимости различия значений при проверке статистических гипотез был принят за $p \leq 0,05$.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Выполнены микрофотографии высокого разрешения полихроматофильных эритробластов, структурированных теней эритробластов с сохранением профиля тени цитоплазмы и ядра и недифференцированных теней клеток в мазках периферической крови птицы (*Gallus gallus* L.) в 1-, 7-, 23- и 42-дневном периоде постнатального онтогенеза (рис. 1, 2).

Рис. 1. Периферическая кровь цыплят *Gallus gallus* L. (здесь и далее в скобках указан возраст цыплят-бройлеров, стрелкой показан обозначаемый объект). На микрофотографиях представлены тени клеток, полихроматофильные эритробласты, эритроциты, лимфоциты, гетерофилы. Полихроматофильные эритробласты — 1.1, 1.2, 1.3 (1-е сутки). На рис. 1.3 слева показана недифференцируемая аморфная тень клетки (cell smudge); тени эритробластов (erythroblast shadows) представлены структурированными формами с профилем тени цитоплазмы и ядра, erythroblast shadow — 1.4, 1.6, 1.8 (1-е сутки); erythroblast shadow — 1.7 (7-е сутки); erythroblast shadow — 1.5, 1.9 (23-й день). Цена деления масштабной линейки — 10 микрометров (10 μm)

Fig. 1. Peripheral blood of *Gallus gallus* L. chickens (here and further, the age of broiler chickens is indicated in parentheses, the arrow shows the designated object). The micrographs show cell shadows, polychromatophilic erythroblasts, erythrocytes, lymphocytes, and heterophiles. Polychromatophilic erythroblasts — 1.1, 1.2, 1.3 (1st day). Fig. 1.3 on the left shows an undifferentiated amorphous cell shadow (cell smudge); erythroblast shadows are represented by structured shapes with a profile of the shadow of the cytoplasm and nucleus, erythroblast shadow — 1.4, 1.6, 1.8 (1st day); erythroblast shadow — 1.7 (7th day); erythroblast shadow — 1.5, 1.9 (23rd day). The price of dividing the scale ruler is 10 micrometers (10 μm)

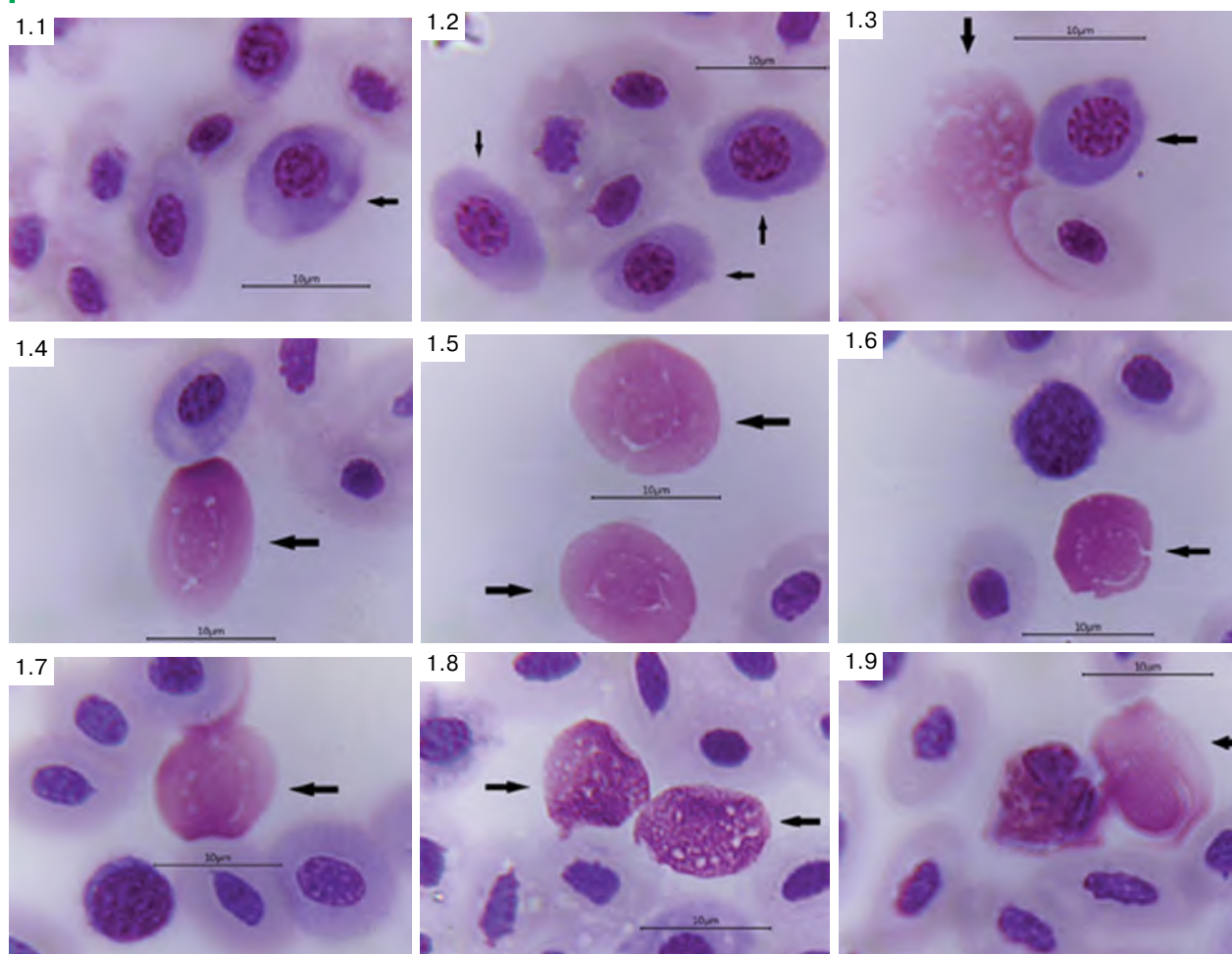
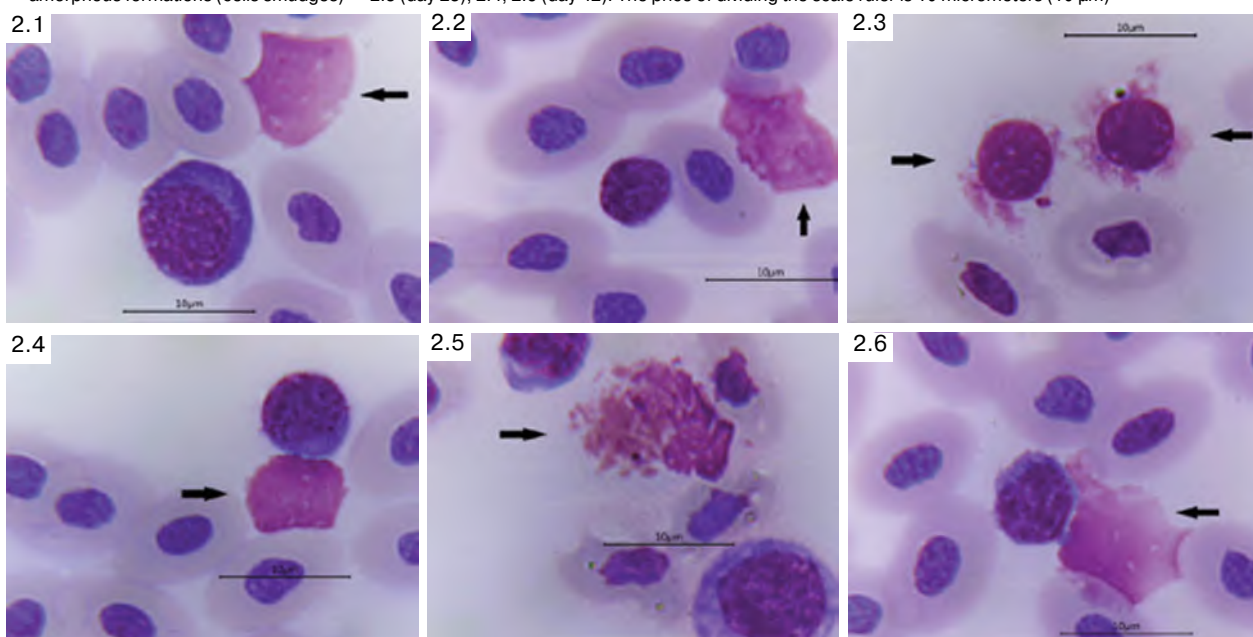


Рис. 2. Периферическая кровь цыплят *Gallus gallus* L. На микрофотографиях представлены тени клеток, эритроциты, лимфоциты, плазмоциты. Тень эритробласта (erythroblast shadow) — 2.1 (42-й день). Недифференцируемые тени клеток (cells shadows) — 2.3 (23-й день), 2.2 (42-й день). Недифференцируемые тени клеток, представленные бесструктурными образованиями (cells smudges) — 2.5 (23-й день), 2.4, 2.6 (42-й день). Цена деления масштабной линейки — 10 микрометров (10 μ m)

Fig. 2. Peripheral blood of *Gallus gallus* L. chickens. The microphotographs show cell shadows, erythrocytes, lymphocytes, and plasmocytes. Erythroblast shadow — 2.1 (day 42). Undifferentiated cell shadows — 2.3 (day 23), 2.2 (day 42). Undifferentiated cell shadows represented by structureless amorphous formations (cells smudges) — 2.5 (day 23), 2.4, 2.6 (day 42). The price of dividing the scale ruler is 10 micrometers (10 μ m)



По современной номенклатуре полихроматофильные эритробласты (или нормобласты [24, 29]) являются терминальными бластными элементами, которые превращаются в ретикулоциты [24].

Известны ранее полученные результаты, в работе I. Aroch *et al.* [10] показаны единичные микрофотографии теней лимфоцитов в мазке периферической крови птиц (*African Grey parrot*). Авторы демонстрируют черно-белые микрофотографии теней лейкоцитов лошадей (*Equidae s. Solidungula*) [22]. Отмечается о формировании в результате эксперимента и теней эритроцитов, однако в работе соответствующие микрофотографии отсутствуют [22].

J. Ma *et al.* [16] приводят микрофотографию с тенью эритробластов (*smudge cells*) в мазке костного мозга человека с хронической горной болезнью.

Полихроматофильные эритробласты чаще с округлой или округло-овальной формой клетки и ядра, выраженной структурой хроматина (рис. 1.1–1.3). Так как в цитоплазме полихроматофильных эритробластов происходят процессы синтеза гема и глобина, цитоплазма имеет окрас светло-фиолетовых оттенков (рис. 1.1–1.3).

S. Hristoskova *et al.* [14] подчеркивают, что у млекопитающих при физиологическом апоптозе поздних стадий эритробластов, то есть ортохромных эритробластов (полихроматофильных по современной номенклатуре [24]), процесс апоптоза может происходить без типичного лизиса с сохранением формы тела и ядра бластной клетки.

Структурированные тени эритробластов (*erythroblast shadows*) характеризуются хроматинолизом в различной степени выраженности (рис. 1.4–1.9, 2.1), в некоторых случаях отмечается множественная вакуолизация цитоплазмы, приводящая к губчатоподобному виду тени цитоплазмы (рис. 1.8).

A.A. Солдатов *с соавт.* [25] регистрировали в циркулирующей крови контрольной и опытных групп (экспериментальная гипотермия) рыбы (*Neogobius melanostomus*) тени эритроцитов (*red blood cell smudges*), имеющие аморфную структуру без контуров ядра и видимых

признаков остаточного структурирования цитоплазмы. В то же время не было установлено достоверных различий в циркуляции теней эритроцитов (*smudge cells*) в контрольной и опытной (в условиях переохлаждения) группах [25].

Типичные морфологические изменения при апоптозе клеток крови — это сжатие клетки и ядра (кариопикноз), конденсация и фрагментация (рестрикция) ядерного хроматина (кариорексис), нарушение целостности мембраны клеток [15].

В работе [22] различные формы теней гранулярных и агранулярных лейкоцитов непарнокопытных млекопитающих (*Mammalia*) характеризовались такими патоморфологическими изменениями, как цитоллиз, кариорексис, кариопикноз, хроматинолиз, кариокинез, фрагментация ядра.

Неидентифицированные тени клеток (*cells shadows*) (рис. 2.2–2.6) в состоянии цитоллиза (*cell smudge*) различной степени (рис. 2.2–2.6), фрагментации цитоплазмы (рис. 2.2, 2.3, 2.5), отмечаются кариопикноз и кариорексис, фрагментация хроматина (рис. 2.2, 2.5), кариолизис (рис. 2.4, 2.6). Однако не всегда цитоллиз и (или) фрагментация цитоплазмы (рис. 2.3) сопровождается кариорексисом и (или) кариопикнозом, кариолизисом.

Авторы характеризовали установленные в крови рыб красноватого цвета с небольшим сиреневым оттенком аморфные формы теней эритроцитов (*red blood cell smudges*) как остатки стромы зрелых эритроцитов, которые лизируются в циркулирующей крови; *red blood cell smudges* были пигментированы мембранно-ассоциированным гемоглобином [25].

Структурированные тени эритробластов (рис. 1.4–1.9, 2.1) и недифференцированные тени (рис. 2.2–2.6) в мазках крови цыплят имеют светло-пурпурный цвет с красноватым оттенком.

Установлена существенная разница в размерах площади теней эритробластов, превосходящей величину площади полихроматофильных эритробластов, в пределах 25% ($p \leq 0,001$), при этом превышение процента

Таблица 1. Морфофизиологические параметры полихроматофильных эритробластов и теней эритробластов кур *Gallus gallus* L. кросса Hubbard ISA F15 ($\bar{X} \pm \text{SEM}$)

Table 1. Morphophysiological parameters of polychromatophilic erythroblasts and shadow erythroblasts of chickens *Gallus gallus* L. cross Hubbard ISA F15 ($\bar{X} \pm \text{SEM}$)

Объект	Параметры							
	$S_{\text{cell}}, \mu\text{m}^2$	$S_{\text{cell-min-max}}, \mu\text{m}^2$	$P_{\text{cell-differ.-min-max}}, \%$	$S_{\text{nucleus}}, \mu\text{m}^2$	$S_{\text{nucleus-min-max}}, \mu\text{m}^2$	$P_{\text{nucleus-differ.-min-max}}, \%$	N/C Ratio	$P_{\text{N/C Ratio}}$
PolyErythro	59,27 $\pm 2,94^{***}$	49,44 $-67,11^{***}$	135,74 ^{***}	17,05 $\pm 0,85^{***}$	14,61 $-19,31^{***}$	132,17 ^{***}	0,41 $\pm 0,03^{***}$	151,92 ^{***}
Объект	$S_{\text{shadow}}, \mu\text{m}^2$	$S_{\text{shad.-min-max}}, \mu\text{m}^2$	$P_{\text{shad.-cell-differ.-min-max}}, \%$	$S_{\text{shad.-nucleus}}, \mu\text{m}^2$	$S_{\text{shad.-nucle.-min-max}}, \mu\text{m}^2$	$P_{\text{shad.-nucle.-differ.-min-max}}, \%$	N/C Ratio-shad.-cell	$P_{\text{N/C Ratio-shad.-cell}}$
ShadErythro	74,16 $\pm 5,42^{***}$	52,81 $-97,47^{***}$	184,57 ^{***}	22,34 $\pm 1,07^{***}$	18,29 $-26,45^{***}$	109,16 ^{***}	0,46 $\pm 0,05^{***}$	248,55 ^{***}

Примечание: PolyErythro — полихроматофильные эритробласты; ShadErythro — тени эритробластов; ^{***} $p < 0,001$ — уровень значимости различия средних значений показателей определен с помощью t-критерия Стьюдента для индивидуальных выборок (*T-test, single sample*).

Note: PolyErythro — Polychromatophilic erythroblasts; ShadErythro — Shadows of erythroblasts; ^{***} $p < 0.001$ — the level of significance of the difference in the average values of the indicators was determined using the Student's t-test for individual samples (*T-test, single sample*).

различия минимальных от максимальных значений площади теней эритробластов ($P_{\text{shad.-cell-differ.-min-max}}, \%$) от $P_{\text{cell-differ.-min-max}}, \%$ полихроматофильных эритробластов составило 36% ($p \leq 0,001$) (табл. 1). В этом ключе интересным является то, что разница в величинах процента различия минимальных от максимальных значений площади ядра эритробластов ($P_{\text{nucleus-differ.-min-max}}$) и тени ядра эритробластов ($P_{\text{shad.-nucle.-differ.-min-max}}$) достоверно меньше аналогичных величин (отмеченных выше) по клеткам и теням эритробластов. Так, $P_{\text{nucleus-differ.-min-max}}$ превышает $P_{\text{shad.-nucle.-differ.-min-max}}$ только на 21% ($p \leq 0,001$) (табл. 1).

В обобщении анализа вышеотмеченных величин соответствующих пространственных параметров теней эритробластов и эритробластов необходимо отметить, что процент различия минимальных от максимальных значений ядерно-цитоплазматического соотношения теней эритробластов ($P_{\text{N/C Ratio-shad.-cell}}$) существенно превышал аналогичную величину полихроматофильных эритробластов ($P_{\text{N/C Ratio}}$) в пределах 64% ($p \leq 0,001$) (табл. 1, рис. 3). Однако при этом величины ядерно-цитоплазматических соотношений полихроматофильных эритробластов (N/C Ratio) и теней эритробластов ($P_{\text{N/C Ratio-shad.-cell}}$) имели сравнительно минимальное различие (табл. 1, рис. 3). N/C Ratio-shad.-cell теней эритробластов превышало N/C Ratio полихроматофильных эритробластов только на 12% ($p \leq 0,001$) (табл. 1, рис. 3).

Положение о весьма близких величинах N/C Ratio полихроматофильных эритробластов и N/C Ratio-shad.-cell теней эритробластов (табл. 1, рис. 3) с одновременной высокой разницей в индивидуальном ранжировании ядерно-цитоплазматического соотношения, то есть значительном различии величин $P_{\text{N/C Ratio-shad.-cell}}$ теней эритробластов от такового $P_{\text{N/C Ratio}}$ полихроматофильных эритробластов (табл. 1), объяснимо разной степенью выраженности апоптоза цитоплазмы эритробластов [14, 19], а также от того, что тени эритробластов образованы разными группами эритробластов по степени зрелости и, соответственно, объема цитоплазмы [19], что и подтверждается отмеченным выше значительным превышением величины

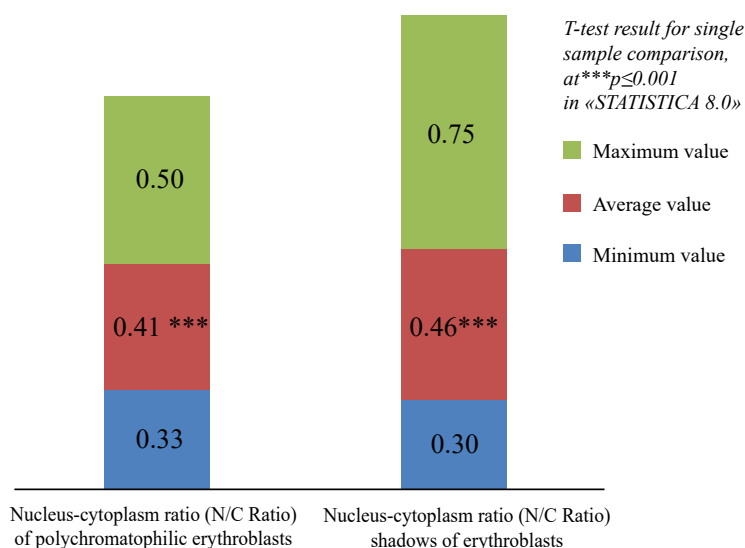
$P_{\text{shad.-cell-differ.-min-max}}$ теней эритробластов над таковым значением $P_{\text{cell-differ.-min-max}}$ для эритробластов в пределах 36% ($p \leq 0,001$) (табл. 1).

A. Diwan *et al.* [19] отмечают, что эндогенный физиологический апоптоз наблюдается больше среди зрелых эритробластов, то есть полихроматофильных. Это объясняется тем, что ранние формы (преимущественно базофильные эритробласты) во многом расходуются на превращение в полихроматофильные эритробласты, пул которых наиболее выражен [19]. К тому же полихроматофильные эритробласты высокоинтенсивно подвергаются терминальной дифференцировке на пути к формированию зрелых эритроцитов [19].

Структурированные (с тенью цитоплазмы и ядра) тени эритробластов в наибольшем количестве представлены у цыплят в возрасте 1-х суток — 40%, до 30% ($p \leq 0,05$) — в 23-дневном возрасте (рис. 4).

Рис. 3. Ядерно-цитоплазматическое соотношение полихроматофильных эритробластов и теней эритробластов в периферической крови цыплят *Gallus gallus* L. Левая диаграмма отображает динамику ядерно-цитоплазматического соотношения (N/C Ratio) полихроматофильных эритробластов, правая диаграмма показывает динамику N/C Ratio — теней эритробластов; нижний ряд (синие столбцы) — минимальные значения N/C Ratio; средний ряд (красные столбцы) — средние значения N/C Ratio, ^{***} $p < 0,001$ — рассчитаны с помощью t-критерия Стьюдента для индивидуальных выборок (*T-test, single sample*); верхний ряд (зеленые столбцы) — максимальные значения N/C Ratio; над столбцами диаграмм отмечены величины N/C Ratio

Fig. 3. Nuclear-cytoplasmic ratio of polychromatophilic erythroblasts and shadows of erythroblasts in the peripheral blood of chickens *Gallus gallus* L. The left diagram displays the dynamics of the nuclear-cytoplasmic ratio (N/C Ratio) of polychromatophilic erythroblasts; the right diagram shows the dynamics of N/C Ratio — shadows of erythroblasts; bottom row (blue columns) — minimum N/C Ratio values; middle row (red columns) — average values of N/C Ratio, ^{***} $p < 0.001$ — calculated using Student's t-test for individual samples (*T-test, single sample*); top row (green columns) — maximum N/C Ratio values; N/C Ratio values are marked above the diagram columns



Значительное снижение количества структурированных теней эритробластов отмечается в 7-суточном возрасте (на 30%) ($p \leq 0,05$), и в 42-дневном возрасте происходит понижение — до 20% ($p \leq 0,05$) (рис. 4). В 23- и 42-дневном возрасте регистрируются бесструктурные аморфные тени клеток (рис. 2.2, 2.4–2.6).

Было установлено, что эритробласты в мазках из пуповинной крови млекопитающих (*Mammalia*) часто демонстрируют большой процент апоптической ядерной морфологии, то есть апоптоз [14]. При этом с ростом и развитием организма снижается синтез регуляторов активизации апоптоза ферментов — каспаз, вследствие этого существенно снижается физиологический апоптоз эритробластов, таким образом, происходит прекращение циркуляции апоптозных эритробластов, то есть теней эритробластов, в периферической крови у млекопитающих [14].

Интересно, что экспериментальная инактивация (*knockout*) гена, кодирующего антиапоптозный фактор BCL-XL, приводила к усилению апоптоза эритробластов на поздних стадиях созревания [14].

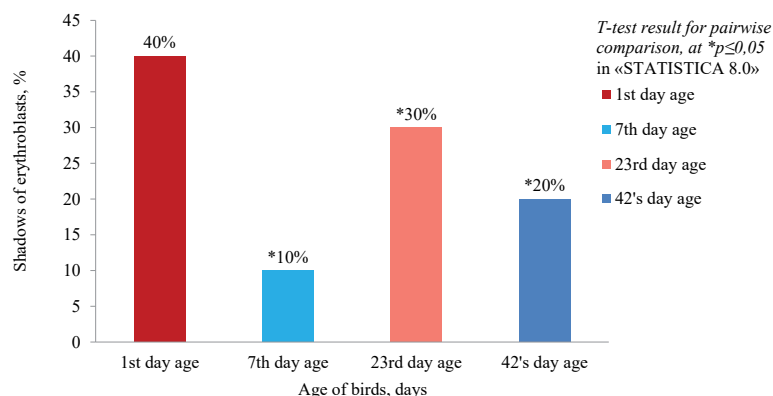
При экспериментальной гипотермии изучался эритроцитарный профиль морской рыбы (*Neogobius melanostomus*) [25]. В периферической крови опытных групп рыбы было установлено статистически достоверное увеличение количества циркулирующих базофильных и полихроматофильных эритробластов [25]. Механизм повышения концентрации базофильных и полихроматофильных эритробластов в периферической крови у рыб (*Neogobius melanostomus*) в условиях экспериментального переохлаждения авторы объясняют активацией эритропоэтина и его метаболического воздействия на пул пролиферирующих эритробластов [25].

Положение по количественной кривой возрастной динамики теней эритробластов у птиц ювенального периода (рис. 4) характеризуется следующим. Цыплята-бройлеры отличаются ускоренным темпом роста, опережающим развитие организма в целом [12]. Новорожденные цыплята имеют нестабильную терморегуляцию [4, 11]. В то же время организм цыплят нуждается в полноценном снабжении тканей органов кислородом, адекватным новым условиям жизнедеятельности (воздушная среда, атмосферное давление и влажность) сатурацией и газообменом [9, 11]. В связи с этим эритропоэз у новорожденной птицы высокоактивный, однако период активности сравнительно короткий, цыплята в данный период окончательно расходуют эмбриональный трофический запас, а пищеварительная система только формируется [2, 4, 30, 31]. Эритробласты и эритроциты птиц отличаются сравнительной хрупкостью и высоким метаболизмом (с сохранным функциональным ядром) [1, 2, 4–8]. Поэтому регистрируется наибольшее количество теней эритробластов в возрасте 1-х суток (рис. 4). Далее организм цыплят подвергается приспособительным процессам к интенсивным факторам среды жизнедеятельности (в промышленных условиях) [12, 30, 31].

Адаптационные реакции отличаются форсированной подготовкой организма к конституциональным изменениям, существенным метаболическими затратами — началу

Рис. 4. Динамика (%) теней эритробластов в периферической крови цыплят *Gallus gallus* L. Ось ординат представлена в процентах динамики циркуляции теней эритробластов; ось абсцисс отражает градацию возраста цыплят в сутках: 1-е сутки (красный столбец), 7-е сутки (голубой столбец), 23-й день (розовый столбец), 42-й день (синий столбец), * $p \leq 0,05$ — рассчитаны с помощью t-критерия Стьюдента для парных сравнений (*T-test, for pairwise comparison*)

Fig. 4. Dynamics (%) of erythroblast shadows in the peripheral blood of *Gallus gallus* L. chickens. The ordinate axis is represented as a percentage by the dynamics of the circulation of erythroblast shadows; the abscissa axis reflects the gradation of the age of chickens in days: 1st day (red column), 7th day (blue column), 23rd day (pink column), 42nd day (blue column), * $p \leq 0,05$ — calculated using the Student's t-test for paired comparisons (*T-test, for pairwise comparison*)



формирования бройлерного соматического типа, процессу первой линьки [12, 30, 31]. В связи с этим отмечается взаимосвязанное с эритропоэзом снижение [30, 31] в конце I декады постнатального онтогенеза и ростом количества теней эритробластов в III декаде онтогенеза (рис. 4).

В IV декаде и начале V декады онтогенеза у цыплят отмечаются «адаптационные реакции первичной стабилизации» [30, 31], характеризующиеся стабилизацией обменных процессов [12] сопряженных с уравниванием гемоцитопоза [7, 8, 30, 31], в связи с этим отмечается снижение количества циркулирующих теней эритробластов (рис. 4).

Заключение/Conclusion

Таким образом, по результатам обзора и собственным экспериментальным данным представлена физиологическая характеристика форм дегенерации клеток периферической крови цыплят-бройлеров (*Gallus gallus* L.) ювенального периода постнатального онтогенеза.

В результате анализа в светооптической микроскопии цветных с высоким разрешением микрофотографий форменных элементов в мазках крови бройлерных кур была дана сравнительная морфофизиологическая характеристика теней эритробластов, полихроматофильных эритробластов и недифференцированных теней клеток крови.

Комплексно изучались такие показатели у эритробластов и теней эритробластов, как площадь клетки, площадь ядра, процент различия минимальных от максимальных значений площади клетки, процент различия минимальных от максимальных значений площади ядра клетки, ядерно-цитоплазматическое соотношение (ЯЦС) и процент различия минимальных от максимальных значений ЯЦС.

Полученные данные морфофизиологического анализа форм дегенерации клеток крови будут полезными в клинической диагностике нозологий животных, экспериментальных и теоретических изысканиях клеточных адаптаций функциональной системы крови и организма в целом.

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные.

Все авторы внесли равный вклад в работу.

Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат.

Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

All authors made an equal contribution to the work.

The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism.

The authors declare no conflict of interest.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Campbell T.W. Exotic Animal Hematology and Cytology. Fourth edition. Ames, Iowa: Wiley-Blackwell. 2015; xvi: 402. ISBN 978-1-118-61116-6. <https://doi.org/10.1002/9781118993705>
- Clark P., Boardman W., Raidal S. Atlas of Clinical Avian Hematology. Oxford: Wiley-Blackwell. 2009; 200. ISBN 978-1-444-31619-3
- Harvey J.W. Veterinary Hematology: A Diagnostic Guide and Color Atlas. St. Louis, Missouri: Saunders. 2012; 384. ISBN 978-1437701739
- Болотников И.А., Соловьев Ю.В. Гематология птиц. Ленинград: Наука. 1980; 116.
- Колесник Е.А., Дерkho М.А. Характеристика проблематики морфологии клеток крови неонатального онтогенеза кур. Сообщение I. Особенности постэмбрионального кроветворения, различия в подходах и проблематика морфофункционального анализа крови птиц (обзор). АПК России. 2019; 26(4): 637–643. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4385556>
- Campbell T.W. Hematology. Ritchie B.W., Harrison G.J., Harrison L.R. (eds.). Avian Medicine: Principles and Applications. Lake Worth, Florida: Wingers Publishing. 1994; 176–198. ISBN 0-9636996-0-1
- Колесник Е.А., Дерkho М.А. Характеристика проблематики морфологии клеток крови неонатального онтогенеза кур. Сообщение II. Характеристика дифференциальных морфологических маркеров форменных элементов крови птиц. АПК России. 2019; 26(4): 644–652. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4385940>
- Колесник Е.А., Дерkho М.А. Способ определения синтетической активности полихроматофильных эритробластов и эритроцитов птиц. Патент № 2799424 С1. Российская Федерация. Дата начала отсчета срока действия патента: 10.01.2023. Опубликовано: 05.07.2023. <https://www.elibrary.ru/xxwsxm>
- Anokhin K.V., Tiunova A.A., Rose S.P.R. Reminder effects — reconsolidation or retrieval deficit? Pharmacological dissection with protein synthesis inhibitors following reminder for a passive-avoidance task in young chicks. *European Journal of Neuroscience*. 2002; 15(11): 1759–1765. <https://doi.org/10.1046/j.1460-9568.2002.02023.x>
- Aroch I., Targan N., Gancz A.Y. A novel modified semi-direct method for total leukocyte count in birds. *Israel Journal of Veterinary Medicine*. 2013; 68(2): 111–118.
- Herron L.R. et al. A chicken bioreactor for efficient production of functional cytokines. *BMC Biotechnology*. 2018; 18: 82. <https://doi.org/10.1186/s12896-018-0495-1>
- Колесник Е.А., Дерkho М.А. Об участии холестерина, прогестерона, кортизола и липопротеинов в возрастных изменениях обмена веществ у цыплят-бройлеров промышленного кросса. *Сельскохозяйственная биология*. 2017; 52(4): 749–756. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2017.4.749rus>
- Bordini J. et al. Erythroblast apoptosis and microenvironmental iron restriction trigger anemia in the VK*MYC model of multiple myeloma. *Haematologica*. 2015; 100(6): 834–841. <https://doi.org/10.3324/haematol.2014.118000>
- Hristoskova S., Holzgreve W., Hahn S., Rusterholz C. Human mature erythroblasts are resistant to apoptosis. *Experimental Cell Research*. 2007; 313(5): 1024–1032. <https://doi.org/10.1016/j.yexcr.2006.12.018>
- Jaber B.L., Cendoroglo M., Balakrishnan V.S., Perianayagam M.C., King A.J., Pereira B.J.G. Apoptosis of leukocytes: Basic concepts and implications in uremia. *Kidney International*. 2001; 59(S78): S197–S205. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1755.2001.59780197.x>
- Ma J. et al. Downregulation of intrinsic apoptosis pathway in erythroblasts contributes to excessive erythrocytosis of chronic mountain sickness. *Blood Cells, Molecules and Diseases*. 2019; 76: 25–31. <https://doi.org/10.1016/j.bcmd.2019.01.002>
- Newton K., Strasser A. Cell Death Control in Lymphocytes. *Advances in Immunology*. 2001; 76: 179–226. [https://doi.org/10.1016/s0065-2776\(01\)76020-8](https://doi.org/10.1016/s0065-2776(01)76020-8)
- Чумакова С.П., Уразова О.И., Зима А.П., Новицкий В.В. Особенности физиологии эритроцитов. Гемолитиз и эритроцитоз. *Гематология и трансфузиология*. 2018; 63(4): 343–351. <https://doi.org/10.25837/HAT.2019.51.80.003>
- Diwan A., Koesters A.G., Capella D., Geiger H., Kalfa T.A., Dorn II G.W. Targeting erythroblast-specific apoptosis in experimental anemia. *Apoptosis*. 2008; 13(8): 1022–1030. <https://doi.org/10.1007/s10495-008-0236-3>
- Pyrshv K.A., Klymchenko A.S., Csúcs G., Demchenko A.P. Apoptosis and eryptosis: Striking differences on biomembrane level. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) — Biomembranes*. 2018; 1860(6): 1362–1371. <https://doi.org/10.1016/j.bbamem.2018.03.019>

REFERENCES

- Campbell T.W. Exotic Animal Hematology and Cytology. Fourth edition. Ames, Iowa: Wiley-Blackwell. 2015; xvi: 402. ISBN 978-1-118-61116-6. <https://doi.org/10.1002/9781118993705>
- Clark P., Boardman W., Raidal S. Atlas of Clinical Avian Hematology. Oxford: Wiley-Blackwell. 2009; 200. ISBN 978-1-444-31619-3
- Harvey J.W. Veterinary Hematology: A Diagnostic Guide and Color Atlas. St. Louis, Missouri: Saunders. 2012; 384. ISBN 978-1437701739
- Bolotnikov I.A., Solovyov Yu.V. Hematology of birds. Leningrad: Nauka. 1980; 116 (In Russian).
- Kolesnik E.A., Derkho M.A. Characterizing the morphophysiology problems of blood cells of chickens' neonatal ontogenesis. Report I. The features of postembryonic hematopoiesis, differences in approaches and problems of morphofunctional blood analysis. *Agro-Industrial Complex of Russia*. 2019; 26(4): 637–643 (In Russian). <https://doi.org/10.5281/zenodo.4385556>
- Campbell T.W. Hematology. Ritchie B.W., Harrison G.J., Harrison L.R. (eds.). Avian Medicine: Principles and Applications. Lake Worth, Florida: Wingers Publishing. 1994; 176–198. ISBN 0-9636996-0-1
- Kolesnik E.A., Derkho M.A. Characterizing the morphophysiology problems of blood cells of chickens' neonatal ontogenesis. Report II. Characterizing the differential morphophysiological markers of chickens' blood cells. *Agro-Industrial Complex of Russia*. 2019; 26(4): 644–652 (In Russian). <https://doi.org/10.5281/zenodo.4385940>
- Kolesnik E.A., Derkho M.A. Method of determining the synthetic activity of polychromatophilic erythroblasts and erythrocytes of birds. Patent No. 2799424 C1. Russian Federation. Starting date of the patent validity period: 10.01.2023. Published: 05.07.2023 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/xxwsxm>
- Anokhin K.V., Tiunova A.A., Rose S.P.R. Reminder effects — reconsolidation or retrieval deficit? Pharmacological dissection with protein synthesis inhibitors following reminder for a passive-avoidance task in young chicks. *European Journal of Neuroscience*. 2002; 15(11): 1759–1765. <https://doi.org/10.1046/j.1460-9568.2002.02023.x>
- Aroch I., Targan N., Gancz A.Y. A novel modified semi-direct method for total leukocyte count in birds. *Israel Journal of Veterinary Medicine*. 2013; 68(2): 111–118.
- Herron L.R. et al. A chicken bioreactor for efficient production of functional cytokines. *BMC Biotechnology*. 2018; 18: 82. <https://doi.org/10.1186/s12896-018-0495-1>
- Kolesnik E.A., Derkho M.A. On the participation of cholesterol, progesterone, cortisol and lipoproteins in age-related metabolic changes in broiler chickens of industrial cross. *Agricultural Biology*. 2017; 52(4): 749–756. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2017.4.749eng>
- Bordini J. et al. Erythroblast apoptosis and microenvironmental iron restriction trigger anemia in the VK*MYC model of multiple myeloma. *Haematologica*. 2015; 100(6): 834–841. <https://doi.org/10.3324/haematol.2014.118000>
- Hristoskova S., Holzgreve W., Hahn S., Rusterholz C. Human mature erythroblasts are resistant to apoptosis. *Experimental Cell Research*. 2007; 313(5): 1024–1032. <https://doi.org/10.1016/j.yexcr.2006.12.018>
- Jaber B.L., Cendoroglo M., Balakrishnan V.S., Perianayagam M.C., King A.J., Pereira B.J.G. Apoptosis of leukocytes: Basic concepts and implications in uremia. *Kidney International*. 2001; 59(S78): S197–S205. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1755.2001.59780197.x>
- Ma J. et al. Downregulation of intrinsic apoptosis pathway in erythroblasts contributes to excessive erythrocytosis of chronic mountain sickness. *Blood Cells, Molecules and Diseases*. 2019; 76: 25–31. <https://doi.org/10.1016/j.bcmd.2019.01.002>
- Newton K., Strasser A. Cell Death Control in Lymphocytes. *Advances in Immunology*. 2001; 76: 179–226. [https://doi.org/10.1016/s0065-2776\(01\)76020-8](https://doi.org/10.1016/s0065-2776(01)76020-8)
- Chumakova S.P., Urazova O.I., Zima A.P., Novitsky V.V. Features of the physiology of erythrocytes. Hemolysis and eryptosis. *Russian journal of hematology and transfusiology*. 2018; 63(4): 343–351 (In Russian). <https://doi.org/10.25837/HAT.2019.51.80.003>
- Diwan A., Koesters A.G., Capella D., Geiger H., Kalfa T.A., Dorn II G.W. Targeting erythroblast-specific apoptosis in experimental anemia. *Apoptosis*. 2008; 13(8): 1022–1030. <https://doi.org/10.1007/s10495-008-0236-3>
- Pyrshv K.A., Klymchenko A.S., Csúcs G., Demchenko A.P. Apoptosis and eryptosis: Striking differences on biomembrane level. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) — Biomembranes*. 2018; 1860(6): 1362–1371. <https://doi.org/10.1016/j.bbamem.2018.03.019>

21. González-Campos J., Ríos-Herranz E., De Blas-Orlando J.M., Martín-Noya A., Parody-Ruiz-Berdejo R., Rodríguez-Fernández J.M. Chronic lymphocytic leukemia with two cellular populations: a biphenotypic or bclonal disease. *Annals of Hematology*. 1997; 74(5): 243–246. <https://doi.org/10.1007/s002770050292>
22. Олешкевич А.А., Василевич Ф.И. Изменение физиологического состояния клеток крови лошадей в ультразвуковом поле. *Ветеринария, зоотехния и биотехнология*. 2017; (9): 72–80. <https://www.elibrary.ru/zrsydr>
23. Алексеева О.М., Кременцова А.В., Кривандин А.В., Шаталова О.В., Ким Ю.А. Модельные биомембраны как тест-объекты для определения концентрационных диапазонов вредных химических веществ в биологических средах и объектах внешней среды. *Токсикологический вестник*. 2019; (3): 33–45. <https://doi.org/10.36946/0869-7922-2019-3-33-45>
24. Anderson Young S.C., Poulsen K.B. Anderson's Atlas of Hematology. Third Edition. Burlington, Vermont: Jones & Bartlett Learning. 2020; 614. ISBN 978-1975118259
25. Soldatov A.A., Kladchenko E.S., Kukhareva T.A., Andreyeva A.Yu. Erythrocyte profile of circulating blood of *Neogobius melanostomus* (Pallas, 1814) under conditions of experimental hypothermia. *Journal of Thermal Biology*. 2020; 89: 102549. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2020.102549>
26. Owen J.C. Collecting, processing, and storing avian blood: a review. *Journal of Field Ornithology*. 2011; 82(4): 339–354. <https://doi.org/10.1111/j.1557-9263.2011.00338.x>
27. Mulisch M., Welsch U. (eds.). Romeis — Mikroskopische Technik. Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum. 2015; xviii: 603. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-55190-1>
28. White F.H., Jin Y., Yang L. An evaluation of the role of nuclear cytoplasmic ratios and nuclear volume densities as diagnostic indicators in metaplastic, dysplastic and neoplastic lesions of the human cheek. *Histology and Histopathology*. 1997; 12(1): 69–77.
29. Кухарева Т.А., Солдатов А.А. Функциональная морфология эритроидных элементов крови *Neogobius melanostomus* P. в процессе клеточной дифференцировки. *Журнал эволюционной биохимии и физиологии*. 2016; 52(3): 233–238. <https://www.elibrary.ru/vvabsn>
30. Колесник Е.А., Дерхо М.А. Характеристика факторов гипотизарно-адреноректоральной регуляции и неспецифических адаптационных реакций у бройлерных цыплят. *Проблемы биологии продуктивных животных*. 2017; (1): 81–91. <https://www.elibrary.ru/yftepr>
31. Колесник Е.А., Дерхо М.А. Об участии гипотизарно-адреноректоральных гормонов в регуляции клеточного пула крови у цыплят-бройлеров. *Проблемы биологии продуктивных животных*. 2018; (1): 64–74. <https://doi.org/10.25687/1996-6733.prodanimbiol.2018.1.64-74>
21. González-Campos J., Ríos-Herranz E., De Blas-Orlando J.M., Martín-Noya A., Parody-Ruiz-Berdejo R., Rodríguez-Fernández J.M. Chronic lymphocytic leukemia with two cellular populations: a biphenotypic or bclonal disease. *Annals of Hematology*. 1997; 74(5): 243–246. <https://doi.org/10.1007/s002770050292>
22. Oleshkevich A.A., Vasilevich F.I. Change in the physiological state of horses' blood cells in the ultrasound field. *Veterinary, Zootechnics and Biotechnology*. 2017; (9): 72–80 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/zrsydr>
23. Alekseeva O.M., Kremetsova A.V., Krivandin A.V., Shatalova O.V., Kim Yu.A. Model biomembranes as test objects for determining concentration ranges of harmful chemicals in biological media and environmental objects. *Toxicological bulletin*. 2019; (3): 33–45 (In Russian). <https://doi.org/10.36946/0869-7922-2019-3-33-45>
24. Anderson Young S.C., Poulsen K.B. Anderson's Atlas of Hematology. Third Edition. Burlington, Vermont: Jones & Bartlett Learning. 2020; 614. ISBN 978-1975118259
25. Soldatov A.A., Kladchenko E.S., Kukhareva T.A., Andreyeva A.Yu. Erythrocyte profile of circulating blood of *Neogobius melanostomus* (Pallas, 1814) under conditions of experimental hypothermia. *Journal of Thermal Biology*. 2020; 89: 102549. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2020.102549>
26. Owen J.C. Collecting, processing, and storing avian blood: a review. *Journal of Field Ornithology*. 2011; 82(4): 339–354. <https://doi.org/10.1111/j.1557-9263.2011.00338.x>
27. Mulisch M., Welsch U. (eds.). Romeis — Mikroskopische Technik. Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum. 2015; xviii: 603. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-55190-1>
28. White F.H., Jin Y., Yang L. An evaluation of the role of nuclear cytoplasmic ratios and nuclear volume densities as diagnostic indicators in metaplastic, dysplastic and neoplastic lesions of the human cheek. *Histology and Histopathology*. 1997; 12(1): 69–77.
29. Kukhareva T.A., Soldatov A.A. Functional morphology of blood erythroid cells in *Neogobius melanostomus* P. during cell differentiation. *Journal of Evolutionary Biochemistry and Physiology*. 2016; 52(3): 261–266. <https://doi.org/10.1134/S0022093016030091>
30. Kolesnik E.A., Derkho M.A. Studying the factors of pituitary-adrenocortical regulation and nonspecific adaptive reactions in broiler chickens. *Problems of Productive Animal Biology*. 2017; (1): 81–91 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/yftepr>
31. Kolesnik E.A., Derkho M.A. About participation of pituitary-adrenocortical hormones in regulation of blood cellular pool in chicken-broilers. *Problems of Productive Animal Biology*. 2018; (1): 64–74 (In Russian). <https://doi.org/10.25687/1996-6733.prodanimbiol.2018.1.64-74>

ОБ АВТОРАХ

Евгений Анатольевич Колесник¹

доктор биологических наук, профессор кафедры физиологии, этологии и биохимии животных Института зоотехнии и биологии evgeniy251082@mail.ru <https://orcid.org/0000-0002-2326-651X>

Марина Аркадьевна Дерхо²

доктор биологических наук, профессор, заведующая кафедрой естественно-научных дисциплин Института ветеринарной медицины derkho2010@yandex.ru <https://orcid.org/0000-0003-3818-0556>

Максим Борисович Ребезов^{3, 4}

• доктор сельскохозяйственных наук, кандидат ветеринарных наук, профессор, главный научный сотрудник³;
• доктор сельскохозяйственных наук, кандидат ветеринарных наук, профессор кафедры биотехнологии и пищевых продуктов⁴ rebezov@ya.ru <https://orcid.org/0000-0003-0857-5143>

¹ Российский государственный аграрный университет — МСХА им. К.А. Тимирязева, ул. Тимирязевская, 49, Москва, 127434, Россия

² Южно-Уральский государственный аграрный университет, ул. им. Ю.А. Гагарина, 13, Троицк, 457100, Россия

³ Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова Российской академии наук, ул. Талалихина, 26, Москва, 109316, Россия

⁴ Уральский государственный аграрный университет, ул. Карла Либкнехта, 42, Екатеринбург, 620075, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Evgeniy Anatolyevich Kolesnik¹

Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Physiology, Ethology and Biochemistry of Animals at the Institute of Animal Science and Biology evgeniy251082@mail.ru <https://orcid.org/0000-0002-2326-651X>

Marina Arkadyevna Derkho²

Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Natural Sciences of the Institute of Veterinary Medicine derkho2010@yandex.ru <https://orcid.org/0000-0003-3818-0556>

Maksim Borisovich Rebezov^{3, 4}

• Doctor of Agricultural Sciences, Candidate of Veterinary Sciences, Professor, Chief Researcher³;
• Doctor of Agricultural Sciences, Candidate of Veterinary Sciences, Professor of the Department of Biotechnology and Food Products⁴ rebezov@ya.ru <https://orcid.org/0000-0003-0857-5143>

¹ Russian State Agrarian University — Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, 49 Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russia

² South Ural State Agrarian University, 13 Gagarin Str., Troitsk, 457100, Russia

³ V.M. Gorbato Federal Research Center for Food Systems of the Russian Academy of Sciences, 26 Talalikhin Str., Moscow, 109316, Russia

⁴ Ural State Agrarian University, 42 Karl Liebknecht Str., Yekaterinburg, 620075, Russia

УДК 619:616-008.64+636.2.034

Научная статья

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-378-1-75-80

Ф.Е. Владимиров
С.О. Базаев
А.Р. Хахимов ✉
С.С. Юрочка

Федеральный научный агроинженерный
центр ВИМ, Москва, Россия

✉ arty.hv@gmail.com

Поступила в редакцию:
23.06.2023

Одобрена после рецензирования:
25.12.2023

Принята к публикации:
10.01.2024

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-378-1-75-80

Fedor E. Vladimirov
Savr O. Bazaev
Artem R. Khakimov ✉
Sergey S. Yurochka

Federal Scientific Agroengineering Center
VIM, Moscow, Russia

✉ arty.hv@gmail.com

Received by the editorial office:
23.06.2023

Accepted in revised:
25.12.2023

Accepted for publication:
10.01.2024

Оценка поведенческих реакций у крупного рогатого скота

РЕЗЮМЕ

Актуальность. При изучении поведенческих данных исследователи сталкиваются с проблемой дифференциации поведенческих действий. В данном исследовании была поставлена задача по разработке методологии, способной выполнять неконтролируемую поведенческую классификацию электронных данных, собранных с высокой частотой от установленных на ошейнике датчиков движения и GPS-датчиков на пастбищном скоте.

Методы. Для достижения поставленной задачи был собран набор данных, который обработали путем обнаружения ключевых признаков поведения животных и их классификации в соответствии с поведенческими параметрами.

Результаты. Обработанный набор данных в дальнейшем был применен к независимому набору данных с целью проверки эффективности методологии. Разработанная методология показала себя эффективным инструментом для анализа электронных данных, полученных от животных, и может быть использована для классификации данных по поведенческим параметрам, таким как поиск пищи, отдых, размышление, передвижение и другие действия. Это позволяет получить новые знания о поведении животных и является важным шагом в изучении животных в естественной среде их обитания.

Ключевые слова: молочное животноводство, крупный рогатый скот, физиологическое состояние, мониторинг, датчики, двигательная активность

Для цитирования: Владимиров Ф.Е., Базаев С.О., Хахимов А.Р., Юрочка С.С. Оценка поведенческих реакций у крупного рогатого скота. *Аграрная наука*. 2024; 378(1): 75–80.
<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-378-1-75-80>

© Владимиров Ф.Е., Базаев С.О., Хахимов А.Р., Юрочка С.С.

Evaluation of behavioral responses in cattle

ABSTRACT

Relevance. When studying behavioral data, researchers face the problem of differentiating behavioral actions. In this study, the task was set to develop a methodology capable of performing uncontrolled behavioral classification of electronic data collected with high frequency from collar-mounted motion sensors and GPS sensors on pasture cattle.

Methods. To achieve this task, a data set was collected, which was processed by detecting key signs of animal behavior and classifying them according to behavioral parameters.

Results. The processed data set was subsequently applied to an independent data set in order to verify the effectiveness of the methodology. The developed methodology has proven to be an effective tool for analyzing electronic data obtained from animals and can be used to classify data according to behavioral parameters such as foraging, resting, thinking, locomotion, and other actions. This allows you to gain new knowledge about the behavior of animals and is an important step in the study of animals in their natural habitat.

Key words: dairy farming, cattle, physiological state, monitoring, sensors, animal activity

For citation: Vladimirov F.E., Bazaev S.O., Khakimov A.R., Yurochka S.S. Evaluation of behavioral responses in cattle. *Agrarian science*. 2024; 378(1): 75–80 (In Russian).
<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-378-1-75-80>

© Vladimirov F.E., Bazaev S.O., Khakimov A.R., Yurochka S.S.

Введение/Introduction

Дистанционный мониторинг поведения животных имеет большой потенциал для улучшения управления животноводством, однако требуются технологии, способные собирать данные с высокой частотой, и точные методы классификации данных. Существует возможность более глубокого понимания факторов, влияющих на выбор ресурсов, рост, размножение и выживаемость животных, а также стратегии их адаптации к окружающей среде за счет измерения поведения и местоположения в разное время и пространственных масштабах [1–3].

Мониторинг поведения в режиме, близком к реальному времени, может способствовать более точным и своевременным управленческим решениям, направленным на оптимизацию продуктивности животных, повышение их благополучия и снижение воздействия на окружающую среду [4].

В системах выпаса глобальные системы позиционирования (GPS) и датчики движения (например, акселерометры) могут использоваться для отслеживания поведения животных почти в режиме реального времени, если они интегрированы в сети беспроводных датчиков [5–7].

Однако проблема использования сенсорных данных заключается в том, чтобы автоматизировать дифференциацию поведенческих действий. Несколько методологий ранее использовались для классификации данных датчиков по поведенческим состояниям [8, 9]. Но эти методологии требуют набора обучающих данных (например, прямых наблюдений) в каждом эксперименте или состоянии и не учитывают различия между отдельными животными и устройствами. Методология, надежная для использования с данными, собранными с разных устройств, также уменьшит необходимость калибровки датчиков и подбора ошейников с одинаковым натяжением [4]. Смешанные модели устраняют эти ограничения, позволяя классифицировать данные без учителя с использованием функций плотности вероятности [10, 11].

Характеристика структуры поведения с использованием смешанных моделей в сочетании с наблюдениями в одном эксперименте позволяет оценить параметры, описывающие PDF, без необходимости прямого наблюдения в последующих экспериментах.

Для автоматизации дифференциации поведенческих действий на основе сенсорных данных возникает ряд проблем. Методы классификации данных датчиков по поведенческим состояниям требуют набора обучающих данных в каждом эксперименте или состоянии и не учитывают особенности отдельных животных и устройств [8, 9].

Применение смешанных моделей для анализа структуры поведения в одном эксперименте позволяет оценить параметры, описывающие PDF, и использовать их для классификации и анализа в последующих экспериментах без необходимости прямого наблюдения. Это значительно повышает точность и эффективность процесса классификации.

Цель исследования — апробация методики, позволяющей оценить структуру электронных данных и классифицировать их по поведенческим параметрам, таким как поиск пищи, отдых, размышление, передвижение и «другое активное поведение», с использованием технологии GPS и данных датчика движения, полученных от специальных ошейников на бычках.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследование было проведено в 2022 г. в ООО «Бородулинское». Здания коровников расположены в пос. Октябрьском Сысертского района Свердловской области (территория сельскохозяйственного предприятия ООО «Бородулинское»).

Исследование проводилось на ферме с молочным стадом в 700 голов, 614 из них — молочные (все — черно-пестрой породы). Форма содержания — привязная, средний удой — 8500 кг/год, средний дневной удой — 26 кг. Сохранность телят — 99%.

Методология включает два независимых испытания: первое — для разработки алгоритма классификации (4 группы по 11 бычков), второе — для его оценки (14 бычков). Каждый бычок был оснащен ошейником с трехосевым акселерометром (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, Россия), который собирал данные с частотой 4 и 10 Гц соответственно.

Поиск пищи, размышления, передвижение, отдых и «другое активное поведение» (которое включало царапание предметов, тряску головой и уход за собой) наблюдались и записывались непрерывно с точностью до 1 сек. у животных, носящих акселерометр на ошейнике. Данные акселерометра были объединены в 10-секундные интервалы через среднее значение, показывающее положение шеи и скорость движения, и стандартное отклонение (SD), показывающее уровень активности, а затем логарифмически преобразованы для анализа.

Уровень активности молочной коровы определялся с помощью характеристики активности, сочетающей ускорение и местоположение $AC = (AV, DV)$, в которой AV отображало изменение ускорения при движении коровы, а DV — изменение положения коровы. Характеристика i -й активности за определенный период времени была описана следующим образом:

$$AC_i = (AV_i, DV_i) = (|a_{xi} - a_{x(i-1)}| + |a_{yi} - a_{y(i-1)}| + |a_{zi} - a_{z(i-1)}|, |d_{xi} - d_{x(i-1)}| + |d_{yi} - d_{y(i-1)}|), \quad (1)$$

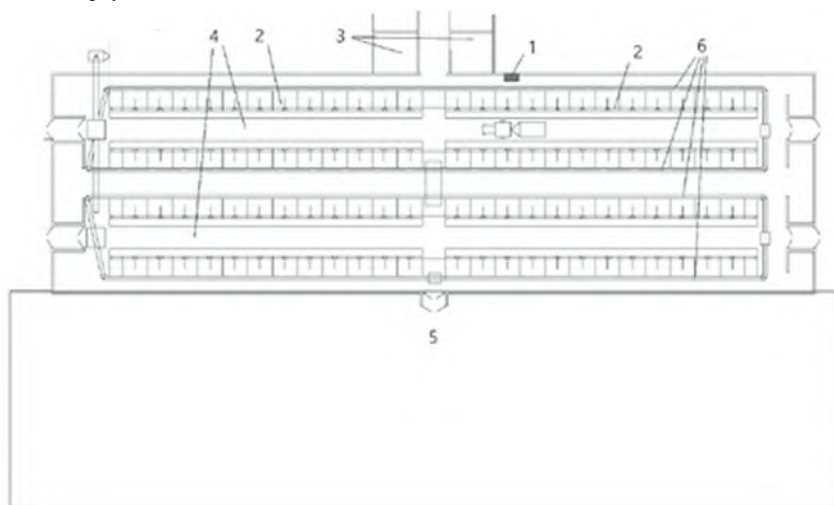
где: a_{xi} , a_{yi} и a_{zi} — i -е значения ускорения поведения коровы по осям x , y , z соответственно; $a_{x(i-1)}$, $a_{y(i-1)}$ и $a_{z(i-1)}$ — $(i-1)$ -е ускорение поведения коровы по осям x , y , z соответственно; d_{xi} и d_{yi} выражают координаты x -го и y -го смещения соответственно; $d_{x(i-1)}$ и $d_{y(i-1)}$ обозначают координаты x -го и y -го смещения соответственно.

Гистограммы скорости движения показали три вида, а наблюдения — что эти виды представляют собой нормальное, медленное и быстрое поведение при перемещении. Гистограммы среднего значения по оси x акселерометра показали виды поведения, соответствующие положению «голова вниз» или «голова вверх». Гистограммы SD оси x акселерометра показали три вида поведения, представляющиеся с высоким, средним и низким уровнем активности.

Смешанные модели были приспособлены к данным, полученным от каждого животного в обоих испытаниях, для расчета пороговых значений, соответствующих переходу поведения между различными состояниями. Эти пороговые значения из трех сигналов датчиков затем использовались в дереве решений для классификации всех 10-секундных данных, где поведение было неизвестно, в 5 взаимоисключающих поведениях.

Рис. 1. Схема расположения базовой станции в коровнике: 1 — базовая станция, 2 — расположение коров из опытной и контрольной групп, 3 — техническое помещение, 4 — кормовой стол, 5 — выгульная площадка, 6 — система уборки навоза

Fig. 1. The layout of the base station in the barn: 1 — base station, 2 — location of cows from the experimental and control groups, 3 — technical room, 4 — feed table, 5 — walking area, 6 — manure cleaning system



Перед началом исследования была установлена базовая станция системы внутреннего мониторинга физиологического состояния крупного рогатого скота, необходимая для работы устройств (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, Россия).

Схема расположения представлена на рисунке 1.

Монтаж базовой станции. Базовая станция была размещена в коровнике, рядом со входом в техническое помещение (рис. 2).

Методика сбора данных о поведении животного выглядела так:

1. Закрепление транспондера на шее коровы с помощью ремня.
2. Запись сигналов акселерометра в случае, когда корова:
 - 2.1. находится в покое (стоит в стойле);
 - 2.2. потребляет корм;
 - 2.3. в движении (идет на прогулку).
3. Передача собранных данных на базовую станцию.
4. Корреляционный анализ Пирсона с помощью программы IBM SPSS Statistics (IBM, Армонк, США).

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Наблюдения начинались в день наложения ошейника. В ходе наблюдений были зарегистрированы пять взаимоисключающих действий (то есть животные могли выполнять только одно действие в зафиксированный

промежуток времени): выпас, жвачка, отдых, передвижение и другие виды активной деятельности (к ним отнесли активные движения головой в положении стоя без движения тела вперед и без участия в выпасе).

Первоначально выпас с опущенной головой, рыскание и поиск пищи регистрировались отдельно, однако выпас занимал более 95% всех видов кормодобывания, и для простоты было решено объединить эти три действия в одно, называемое «выпас».

Жвачка определялась как в положении стоя, так и когда корова лежала на земле. Передвижение — движение вперед без кормодобывания (включало ходьбу и бег). В этот момент животное могло пережевывать пищу, но не должно было заниматься поиском пищи. Отдыхом считали, когда жи-

вотные находились в неподвижном состоянии, не добывали пищу, без жевания, не ходили и не выполняли другие активные действия (либо в положении стоя, либо в положении лежа).

Измерения собраны по 10-секундному среднему значению и стандартному отклонению данных от указанных датчиков после логарифмического преобразования: среднее значение и стандартное отклонение по осям x , y и z акселерометров и скорости движения. Затем было проведено испытание для сбора данных с электронных ошейников и с визуальными наблюдениями для определения поведенческих паттернов животных и классификации их движения. Прямые визуальные наблюдения за поведением регистрировали с помощью непрерывной выборки животных путем регистрации идентификатора животного, времени (с точностью до секунды) и вида активности в каждом случае, когда животные переходили от одного вида деятельности к другому.

Каждое поведенческое действие показывало характерную сигнатуру датчика, исходящую от датчиков движения. Средние значения акселерометра по оси x были ниже во время кормления по сравнению со значениями, когда животные пережевывали пищу в состоянии покоя, ходили или выполняли другие активные действия (например, в результате опущенного положения головы во время выпаса).

Уровень активности шеи, измеренный через SD оси x акселерометра, был самым высоким во время поиска

Рис. 2. Расположение базовой станции системы внутреннего мониторинга физиологического состояния крупного рогатого скота: А — монтаж базовой станции, Б — базовая станция

Fig. 2. Base station location: A — installation of the base station, B — base station



пищи и ходьбы, средним — во время других видов активного поведения, самым низким — во время жвачки и отдыха.

Стандартное отклонение оси x акселерометра было более чувствительным при обнаружении различий между поведением по сравнению с осями y и z . Стандартное отклонение оси x смогло отделить жвачку от отдыха, а поиск пищи — от других видов активного поведения.

Ходьба была самым активным движением, промежуточными — поиск пищи и другие виды активного поведения, самыми медленными — жвачка и отдых.

Алгоритм правильно классифицировал 85,5% и 90,5% всех точек данных в наборах данных разработки и оценки соответственно. Поиск пищи показал наибольшую чувствительность (93,7% и 98,4%) и специфичность (94,6% и 99,4%), за которыми следовали размышления (чувствительность 97% и 87% и специфичность 90% и 95%) для испытаний разработки и оценки соответственно. Основные преимущества смешанных моделей включают вычислительную эффективность, подходящую для больших наборов данных (например, >2 млн строк данных), минимальные требования к обучающим наборам данных и оценку пороговых значений для отдельных животных в неизвестных и меняющихся условиях окружающей среды.

Технология и методология позволяют осуществлять автоматический мониторинг поведения в режиме реального времени с высоким пространственным и временным разрешением, что может принести пользу животноводческим предприятиям за пределами области исследований для улучшения управления животными и окружающей среды.

Коэффициенты корреляции Пирсона показали высокую зависимость стандартного отклонения измерений для всех трех осей. Так, изменчивость в большую сторону по всем трем осям обуславливается поведением животного, при котором шея и голова активно двигаются, а в меньшую — когда животные неактивны (например, как во время отдыха).

Коэффициенты корреляции от 0,6 до 0,7 были обнаружены между средней скоростью ходьбы и стандартным отклонением большинства переменных, связанных с акселерометром, в результате сильных движений шеи во всех направлениях во время движения.

Основываясь на способности акселерометра фиксировать положение головы и уровень активности, а также учитывая высокую корреляцию с другими переменными, были выбраны среднее значение и стандартное отклонение данных акселерометра по оси x , чтобы выяснить, представляют ли эти переменные разные совокупности точек данных для различного поведения.

Средняя скорость движения также была выбрана, потому что это была единственная переменная, которую можно было использовать, чтобы отличить движение вперед от всех других видов поведения.

Распределения частот трех выбранных переменных для каждого известного поведения показаны на рисунке 3.

Скорость представлена в виде $\text{Log}(1 + \text{см/сек})$, а данные акселерометра — в виде $\text{Log}(10\,000 + g\,104)$. Для 10-секундного среднего значения оси x акселерометра совокупность точек данных, соответствующих поиску пищи, хорошо отделена от остальных видов деятельности (рис. 3А). Однако между частотными распределениями других четырех исследуемых активностей существует сильное перекрытие — это указывает на то, что данные активности представляют большую проблему для разделения на основе этой переменной.

Рис. 3. Частотное распределение 10-секундного среднего значения акселерометра по оси x (А), скорости ходьбы (Б) и 10-секундного стандартного отклонения оси x акселерометра (В) от электронных ошейников, которые носят животные при наблюдении за выпасом, жвачкой, отдыхом, ходьбой и другими активными действиями

Fig. 3. Frequency distribution of 10-second accelerometer x -axis mean (A), walking speed (B) and 10-second standard deviation of accelerometer x -axis (C) from electronic collars worn by animals while observing grazing, ruminating, resting, walking and other active actions

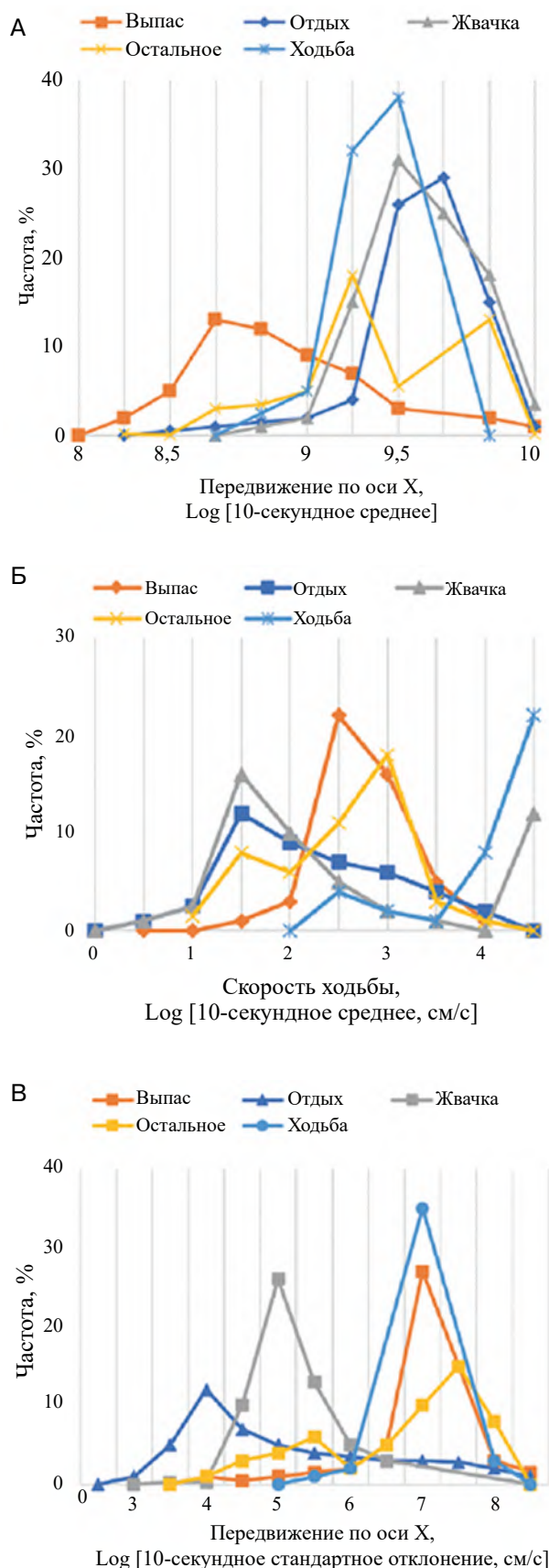


Таблица 1. Различия в поведении, основанные на 10-секундном среднем значении и стандартном отклонении (SD) данных, полученных от трехосевых акселерометров

Table 1. Differences in behavior based on 10-second mean and standard deviation (SD) of data from 3-axis accelerometers

Среднее	Выпас	Жвачка	Отдых	Ходьба	Другие активные действия
X	8,87	9,43	9,37	9,32	9,29
Y	8,76	8,69	8,67	8,63	8,71
Z	9,71	9,71	9,70	9,73	9,70
Стандартное отклонение					
X	7,04	5,34	4,89	6,90	6,65
Y	6,51	4,96	4,65	6,55	6,24
Z	6,51	4,96	4,65	6,55	6,32
Среднее	2,65	2,06	2,06	4,11	2,59
Стандартное отклонение	2,18	1,67	1,76	2,72	2,23

Примечание: В среднем за день продолжительность периода средней активности составила 56,4%, низкой — 39,4%, высокой — 4,2%.

Рисунок 2А позволяет предположить, что значения чуть более 9 логарифмических единиц среднего значения данных акселерометра по оси x может быть достаточно для разделения направления головы вниз или вверх при минимизации неправильного назначения точечных данных. Данные приведены в таблице 1.

Выводы/Conclusion

Разработана методология для оценки структуры данных, полученных в электронном виде, и классификации таких данных по поведенческим действиям, включая поиск пищи, отдых, размышление, передвижение и другое активное поведение, с использованием данных датчика акселерометра болюса, закрепленного на ошейниках коров.

Испытания показали, что информация, собираемая с высокой частотой с помощью акселерометров, встроенных в ошейники для КРС, способна фиксировать мелкокомасштабные пространственно-временные различия в положении и уровне активности шеи КРС и определять различное поведение.

Эта способность может помочь повысить точность методов классификации поведения и разработать стабильные и надежные средства для удаленного доступа к данным с ошейников в режиме реального времени для приложений виртуального ограждения и управления. Однако важно отметить, что повышенная точность достигается за счет значительного увеличения размера собираемых баз данных, что требует увеличения вычислительной мощности, а также наличия более энергоемкой батареи для обработки собранных данных.

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные.

Все авторы внесли равный вклад в работу.

Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат.

Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

All authors made an equal contribution to the work.

The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism.

The authors declare no conflict of interest.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Owen-Smith N., Fryxell J.M., Merrill E.H. Foraging theory upscaled: the behavioural ecology of herbivore movement. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 2010; 365(1550): 2267–2278. <https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0095>
- Gaillard J.-M. et al. Habitat–performance relationships: finding the right metric at a given spatial scale. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 2010; 365(1550): 2255–2265. <https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0085>
- González L.A., Tolkamp B.J., Coffey M.P., Ferret A., Kyriazakis I. Changes in Feeding Behavior as Possible Indicators for the Automatic Monitoring of Health Disorders in Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*. 2008; 91(3): 1017–1028. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0530>
- Anderson D.M., Estell R.E., Cibils A.F. Spatiotemporal Cattle Data—A Plea for Protocol Standardization. *Positioning*. 2013; 4(1): 115–136. <https://doi.org/10.4236/pos.2013.41012>
- Wark T. et al. Transforming Agriculture through Pervasive Wireless Sensor Networks. *IEEE Pervasive Computing*. 2007; 6(2): 50–57. <https://doi.org/10.1109/MPRV.2007.47>
- Handcock R.N. et al. Monitoring Animal Behaviour and Environmental Interactions Using Wireless Sensor Networks, GPS Collars and Satellite Remote Sensing. *Sensors*. 2009; 9(5): 3586–3603. <https://doi.org/10.3390/s90503586>
- Nadimi E.S., Jørgensen R.N., Blanes-Vidal V., Christensen S. Monitoring and classifying animal behavior using ZigBee-based mobile ad hoc wireless sensor networks and artificial neural networks. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2012; 82: 44–54. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2011.12.008>
- Martiskainen P., Järvinen M., Skön J.-P., Tiirikainen J., Kolehmainen M., Mononen J. Cow behavior pattern recognition using a three-dimensional accelerometer and support vector machines. *Applied Animal Behaviour Science*. 2009; 119(1–2): 32–38. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2009.03.005>
- Ungar E.D., Henkin Z., Gutman M., Dolev A., Genizi A., Ganskopp D. Inference of Animal Activity From GPS Collar Data on Free-Ranging Cattle. *Rangeland Ecology and Management*. 2005; 58(3): 256–266. [https://doi.org/10.2111/1551-5028\(2005\)58\[256:IOAAGJ\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.2111/1551-5028(2005)58[256:IOAAGJ]2.0.CO;2)
- McLachlan G.J., Peel D. Finite Mixture Models. New York: Wiley. 2000. xxii + 427. ISBN 978-0-471-00626-8 <https://doi.org/10.1002/0471721182>
- Tolkamp B.J., Schweitzer D.P.N., Kyriazakis I. The Biologically Relevant Unit for the Analysis of Short-Term Feeding Behavior of Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*. 2000; 83(9): 2057–2068. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)75087-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)75087-9)

REFERENCES

- Owen-Smith N., Fryxell J.M., Merrill E.H. Foraging theory upscaled: the behavioural ecology of herbivore movement. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 2010; 365(1550): 2267–2278. <https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0095>
- Gaillard J.-M. et al. Habitat–performance relationships: finding the right metric at a given spatial scale. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 2010; 365(1550): 2255–2265. <https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0085>
- González L.A., Tolkamp B.J., Coffey M.P., Ferret A., Kyriazakis I. Changes in Feeding Behavior as Possible Indicators for the Automatic Monitoring of Health Disorders in Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*. 2008; 91(3): 1017–1028. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0530>
- Anderson D.M., Estell R.E., Cibils A.F. Spatiotemporal Cattle Data—A Plea for Protocol Standardization. *Positioning*. 2013; 4(1): 115–136. <https://doi.org/10.4236/pos.2013.41012>
- Wark T. et al. Transforming Agriculture through Pervasive Wireless Sensor Networks. *IEEE Pervasive Computing*. 2007; 6(2): 50–57. <https://doi.org/10.1109/MPRV.2007.47>
- Handcock R.N. et al. Monitoring Animal Behaviour and Environmental Interactions Using Wireless Sensor Networks, GPS Collars and Satellite Remote Sensing. *Sensors*. 2009; 9(5): 3586–3603. <https://doi.org/10.3390/s90503586>
- Nadimi E.S., Jørgensen R.N., Blanes-Vidal V., Christensen S. Monitoring and classifying animal behavior using ZigBee-based mobile ad hoc wireless sensor networks and artificial neural networks. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2012; 82: 44–54. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2011.12.008>
- Martiskainen P., Järvinen M., Skön J.-P., Tiirikainen J., Kolehmainen M., Mononen J. Cow behavior pattern recognition using a three-dimensional accelerometer and support vector machines. *Applied Animal Behaviour Science*. 2009; 119(1–2): 32–38. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2009.03.005>
- Ungar E.D., Henkin Z., Gutman M., Dolev A., Genizi A., Ganskopp D. Inference of Animal Activity From GPS Collar Data on Free-Ranging Cattle. *Rangeland Ecology and Management*. 2005; 58(3): 256–266. [https://doi.org/10.2111/1551-5028\(2005\)58\[256:IOAAGJ\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.2111/1551-5028(2005)58[256:IOAAGJ]2.0.CO;2)
- McLachlan G.J., Peel D. Finite Mixture Models. New York: Wiley. 2000. xxii + 427. ISBN 978-0-471-00626-8 <https://doi.org/10.1002/0471721182>
- Tolkamp B.J., Schweitzer D.P.N., Kyriazakis I. The Biologically Relevant Unit for the Analysis of Short-Term Feeding Behavior of Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*. 2000; 83(9): 2057–2068. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)75087-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)75087-9)

ОБ АВТОРАХ

Фёдор Евгеньевич Владимиров

научный сотрудник
fvladimirov21@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-3058-2446>

Савр Олегович Базаев

кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник
sbazaeff@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-2511-7526>

Артём Рустамович Хакимов

младший научный сотрудник
arty.hv@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-4332-9274>

Сергей Сергеевич Юрочка

старший научный сотрудник
yurochkasr@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-2511-7526>

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ,
1-й Институтский проезд, 5, Москва, 109428, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Fedor Evgenievich Vladimirov

Researcher Associate
fvladimirov21@gmail.com;
<https://orcid.org/0000-0003-3058-2446>

Savr Olegovich Bazaev

Candidate of Agricultural Sciences, Researcher Associate
sbazaeff@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-2511-7526>

Artem Rustamovich Khakimov

Junior Research Assistant
arty.hv@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-4332-9274>

Sergej Sergeevich Yurochka

Senior Researcher
yurochkasr@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-2511-7526>

Federal Scientific Agroengineering Center VIM,
5 1st Institute passage, Moscow, 109428, Russia



Специализированная выставка
оборудования и технологий
добычи, разведения и переработки
рыбы и морепродуктов

20-22 февраля 2024
МОСКВА, ЭКСПОЦЕНТР



Участие в AquaPro Expo — эффективный способ:

- Найти клиентов из широкой аудитории специалистов и собственников рыбоводных хозяйств, рыбоперерабатывающих предприятий, рыбодобывающих компаний
- Увеличить объемы и расширить географию продаж компании



Организатор:
+7 (812) 701-00-15
+7 (495) 320-80 41
info@aquaproexpo.ru



Забронируйте стенд
aquaproexpo.ru

О.А. Воронина ✉
Н.С. Колесник
А.А. Савина
Р.А. Рыков
С.Ю. Зайцев

Федеральный исследовательский центр
животноводства — ВИЖ им. академика
Л.К. Эрнста, пос. Дубровицы, Подольск,
Московская обл., Россия

✉ voroninaok-senia@inbox.ru

Поступила в редакцию:
24.07.2023

Одобрена после рецензирования:
25.12.2023

Принята к публикации:
10.01.2024

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-378-1-81-85

Oksana A. Voronina ✉
Nikita S. Kolesnik
Anastasia A. Savina
Roman A. Rykov
Sergei Yu. Zaitsev

Federal Research Center for Animal
Husbandry named after Academy Member
L.K. Ernst

✉ voroninaok-senia@inbox.ru

Received by the editorial office:
24.07.2023

Accepted in revised:
25.12.2023

Accepted for publication:
10.01.2024

Антиоксидантная активность козьего молока с вариантами множественной регрессионной модели

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Козье молоко имеет большой потенциал для создания функциональных продуктов питания, в том числе с высокой антиоксидантной активностью, что повышает их лечебно-профилактическую значимость. Для оценки антиоксидантной активности козьего молока предложена математическая модель.

Методы. Анализ биохимических показателей козьего молока провели с помощью системы MilkoScan 7 / Fossomatic 7 DC (Дания). Анализ суммарного количества водорастворимых антиоксидантов выполнен на приборе «ЦветЯуза 01-AA». Статистическую обработку результатов проводили в программе Microsoft Excel при помощи пакета «Анализ данных», в программе R (пакет Psych). Достоверность различий оценивали по U-критерию Манна — Уитни. Пробы молока получали от коз альпийской породы в летний период 2022 и 2023 годов.

Результаты. Антиоксидантная активность козьего молока установлена на уровне $21,99 \pm 1,48$ мг/г (2022 г.) и $22,30 \pm 1,91$ мг/г (2023 г.). Лучшая полученная модель регрессионного уравнения характеризуется высоким коэффициентом множественной корреляции (0,947) и значима по F-критерию (0,01). В предложенной модели для предварительной оценки антиоксидантной активности козьего молока необходимо использовать только один параметр биохимического анализа — казеины. Данная модель позволяет провести предварительную оценку антиоксидантной активности молока коз. Достоверных различий между данными, полученными в эксперименте, и данными, полученными с использованием регрессионного уравнения по t-критерию, не установлено.

Ключевые слова: молоко коз, антиоксидантная активность, козы, регрессионный анализ

Для цитирования: Воронина О.А., Колесник Н.С., Савина А.А., Рыков Р.А., Зайцев С.Ю. Антиоксидантная активность козьего молока с вариантами множественной регрессионной модели. *Аграрная наука*. 2024; 378(1): 81–85. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-378-1-81-85>

© Воронина О.А., Колесник Н.С., Савина А.А., Рыков Р.А., С.Ю. Зайцев

Antioxidant activity of goat's milk with variants of multiple regression model

ABSTRACT

Relevance. Goat's milk has great potential for creating functional food products, including those with high antioxidant activity, which increases their therapeutic and preventive significance. A mathematical model has been proposed to evaluate the antioxidant activity of goat's milk.

Methods. The biochemical parameters of goat's milk were analyzed using the MilkoScan 7 / Fossomatic 7 DC system (Denmark). The analysis of the total amount of water-soluble antioxidants was performed on the device "Tsveyauza 01-AA". Statistical processing of the results was carried out in the Microsoft Excel program using the Data Analysis package, in the R program ("Psych" package). The reliability of the differences was assessed using the Mann — Whitney U-test. Milk samples were obtained from Alpine goats in the summer of 2022 and 2023.

Results. The antioxidant activity of goat's milk was established at the level of 21.99 ± 1.48 mg/g (2022) and 22.30 ± 1.91 mg/g (2023). The best obtained regression equation model is characterized by a high multiple correlation coefficient (0.947) and is significant by the F-criterion (0.01). In the proposed model, for a preliminary assessment of the antioxidant activity of goat's milk, it is necessary to use only one parameter of biochemical analysis — caseins. This model allows for a preliminary assessment of the antioxidant activity of goat milk. There are no significant differences between the data obtained in the experiment and the data obtained using the regression equation according to the t-criterion.

Key words: goat milk, antioxidant activity, goats, regression analysis

For citation: Voronina O.A., Savina A.A., Kolesnik N.S., Rykov R.A., Zaitsev S.Yu. Antioxidant activity of goat's milk and whey with variants of multiple regression model. *Agrarian science*. 2024; 378(1): 81–85 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-378-1-81-85>

© Voronina O.A., Kolesnik N.S., Savina A.A., Rykov R.A., Zaitsev S.Yu.

Введение/Introduction

Статистические данные Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных Наций (ФАО)¹ показывают, что козье молоко является третьим в мире видом молока по величине объемов производства после коровьего и буйволиного. В 2016 году во всем мире насчитывалось около 1 млрд коз. Интерес потребителей к козьему молоку и молочным продуктам на его основе постоянно растет и связан с особыми свойствами этих продуктов [1].

Несмотря на схожий с коровьим молоком состав по содержанию белков, жиров и лактозы, между ними существуют различия, влияющие на их усвояемость и пищевую ценность. Различия между аминокислотным составом, вторичной структурой молочных белков и химическими свойствами козьего молока помогают снизить его аллергенный потенциал по сравнению с коровьим молоком, что также делает его отличным основным продуктом питания для младенцев и пожилых людей [2, 3]. В этом смысле козье молоко также является отличной матрицей для разработки широкого спектра инновационных продуктов, способствующих укреплению здоровья, и функциональных пищевых продуктов [4].

Молоко, а также молочные продукты — неотъемлемая часть питания человека. Они считаются носителями белков «высшей» биологической ценности, кальция, незаменимых жирных кислот, аминокислот, жиров, водорастворимых витаминов и других биологически активных соединений (БАС), имеющих большое значение для ряда биохимических и физиологических процессов, в том числе антиоксидантной защиты [1, 5].

Антиоксиданты — это химические вещества, которые могут нейтрализовать и удалять свободные радикалы, которые постоянно вырабатываются в организме [1, 6]. Живому организму для протекания биологических процессов необходимо производство энергии, которое происходит за счет окисления биомолекул. Однако окислительный стресс может нанести серьезный ущерб биологическим системам. Неконтролируемая выработка свободных радикалов в организме может привести к окислительному стрессу с последующим разрушением необходимых для жизнедеятельности биологически активных веществ, таких как белки, липиды, ДНК и пр. Это, в свою очередь, ускоряет канцерогенез, а также значительно увеличивает риск появления атеросклероза, диабета, ускоренного старения, сердечно-сосудистых заболеваний, нарушений в работе иммунной системы [1, 7, 8].

Антиоксидантная активность молока и молочных продуктов обусловлена комплексом биологически активных компонентов: витаминами А, С, Е, каротиноидами, ферментными системами, белками, пептидами, серосодержащими аминокислотами и рядом веществ небелковой природы [9, 10].

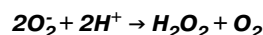
Аскорбиновая кислота — один из основных водорастворимых природных антиоксидантов в составе молока. Она поглощает различные радикалы, такие как супероксидные анионные радикалы, алкоксильные радикалы и синглетный кислород, супероксид, оксид железа, оксид азота [8, 11]. По данным [12], фотоокислительная стабильность молока значительно увеличивается при добавлении витамина С и токоферола, так же как и сохранение его органолептических свойств.

Стоит отметить, что аскорбиновая кислота может быть и прооксидантом за счет регенерации

перферрильного радикала в процессе инициации перекисного окисления липидов. При невысоком содержании аскорбиновой кислоты в молоке она действует как прооксидант, а при высоком (более 5 мг%) — как антиоксидант [13]. Витамины А и Е считаются первичными липидорастворимыми антиоксидантами. Основная задача этих витаминов — в защите полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК) и связанных с ними биохимических соединений от перекисного окисления [1]. Витамин Е может ингибировать активность плазматина, а также может напрямую удалять свободные радикалы [14].

Каротиноиды являются жирорастворимыми соединениями, которые имеют свойство накапливаться в мембранах, а также липопротеинах. Среди различных антиоксидантных систем молока данные соединения действуют как поглотители активных форм кислорода и пероксильных радикалов [15, 16]. Стоит отметить, что концентрация каротиноидов в молочных продуктах, таких как сыр и масло, выше по сравнению с цельным молоком [17].

Ферменты. Супероксиддисмутаза (СОД) катализирует удаление супероксидных свободных радикалов (O_2^-) и защищает клетки от вредного воздействия с помощью следующей реакции:



Каталаза, глутатионпероксидаза или другие восстановители, в свою очередь, превращают H_2O_2 в H_2O [1, 18]. Цитозольная Cu/Zn-СОД, митохондриальная Mn-СОД и внеклеточная EC-СОД являются основными формами СОД. СОД может ингибировать перекисное окисление липидов [19].

Глутатионпероксидаза (GSHPx) — селенсодержащий фермент, который обеспечивает защиту от перекисного окисления липидов. Она катализирует разложение H_2O_2 и органических гидропероксидов (R-OOH) глутатионом. Каталаза вызывает дисмутацию H_2O_2 (химическая реакция, в которой H_2O_2 вызывает окисление других молекул H_2O_2 , следовательно, одна превращается в O_2 , а две другие — в две молекулы H_2O) [1].

Казеины, основные белки молока, также обладают антиоксидантной активностью. В антиоксидантной системе молока казеиновая фракция играет роль уловителя различных активных форм кислорода. Казеины препятствуют аутоокислению липидов [20].

Основной вклад в антиоксидантную активность белковой фракции молока вносят сывороточные белки. Механизм их антиоксидантной активности основан на хелатировании переходных металлов лактоферрином и удалении свободных радикалов за счет наличия серосодержащих аминокислот [21]. Лактоферрин, связывая железо, препятствует превращению H_2O_2 в гидроксильный радикал. Он способен связывать и липополисахариды, что препятствует образованию из них свободных радикалов [22]. Сывороточные белки повышают уровень глутатионпероксидазы, которая считается одной из наиболее важных водорастворимых антиоксидантных систем [23].

Детальный анализ перечисленных компонентов имеет высокую стоимость и не всегда целесообразен, зато их «общий фон» в пробе можно выразить через показатель суммарной антиоксидантной активности [8, 13, 24].

Цели работы — изучение антиоксидантной активности козьего молока и применение математической модели для ее оценки по данным биохимического анализа.

¹ <https://www.fao.org/statistics/ru/>

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Отбор проб козьего молока производили в Воскресенском районе Московской области специалистами личных хозяйств в соответствии с ГОСТ 26809.1-2014². Периоды взятия образцов — июнь 2022 года ($n = 18$) и июнь 2023 года ($n = 18$). Пробы молока получали от коз альпийской породы с учетом состояния здоровья, сроков окота, возраста, длительности проживания в условиях конкретной территории.

Анализ биохимических показателей козьего молока выполнен в центре коллективного пользования научным оборудованием «Биоресурсы и биоинженерия сельскохозяйственных животных» ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста. Аналитическая система MilkoScan 7 / Fossomatic 7 DC (Дания) и MilkoScan 7 (Foss Analytical A/S, Дания) — спектрофотометр³.

Анализ суммарного количества водорастворимых антиоксидантов (СКВА) молока и молочной сыворотки выполнен по методике, описанной в работе А.А. Савиной с соавт.⁴ на приборе «ЦветЯуза 01-АА» (НПО «Химавтоматика», Россия).

Построение множественной регрессионной модели осуществляли в программе R (пакет анализа Psych) (разработчики — Росс Ихака и Роберт Гентлман, Австрия)⁵. Между ожидаемым значением СКВА молока коз и каждой из независимых переменных, в качестве которых использовали следующие данные: массовая доля жира (МДЖ), массовая доля белка истинного (МДБи), массовая доля белка общего (МДБо), казеины, лактоза, сухой обезжиренный молочный остаток (СОМО), сухое вещество (СВ), точка замерзания (ТЗ), кислотность (рН), ацетон, мочевины, бета-гидроксibuтират (БГБ). Существующая линейная зависимость между изучаемыми показателями позволяет вывести модель множественной линейной регрессии следующего вида:

$$СКВА = b_0 + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + \dots + b_n \cdot x_n,$$

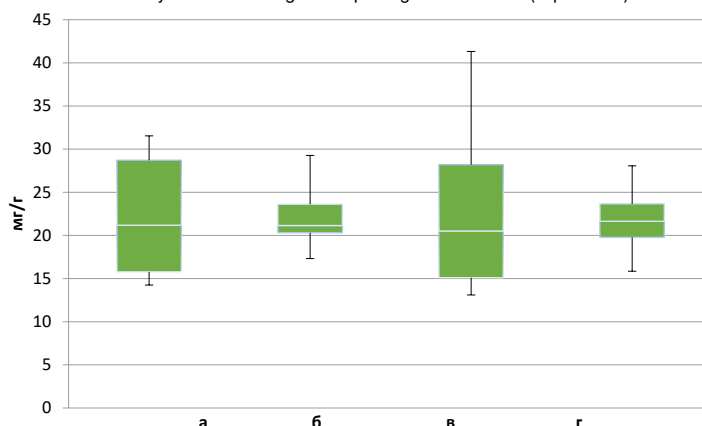
где b_0 — сдвиг, b_{1-n} — коэффициенты отклонения для переменных x_{1-n} .

Значения коэффициентов регрессии найдены по методу наименьших квадратов⁶.

Статистическую обработку результатов проводили в программах Microsoft Excel при помощи пакета «Анализ данных» (Microsoft, США), R при помощи пакета Psych. Оценка достоверности различий между группами по U-критерию Манна — Уитни. При условии, что U экспериментальное $\leq$ U эмпирического, установленные различия считались статистически значимыми⁷. U эмпирическое для $n = 18$ — 109.

Рис. 1. Результаты эксперимента: а, в — СКВА проб молока, полученных в 2022 г. и 2023 г. соответственно; б, г — СКВА, рассчитанное по данным биохимического анализа молока с использованием множественной регрессионной модели (уравнение 2).

Fig. 1. The results of the experiment: a, b — the number of milk samples obtained in 2022 and 2023, respectively; c, d — the number calculated according to the biochemical analysis of milk using a multiple regression model (equation 2).



Результаты и обсуждение / Results and discussion

На рисунке 1 представлены результаты анализа антиоксидантной активности на приборе «ЦветЯуза 01-АА» в козьем молоке по данным 2022 г. (рис. 1а) и 2023 г. (рис. 1в). Средние значения показателя СКВА составили $21,99 \pm 1,48$ и $22,30 \pm 1,91$ мг/г в 2022 и 2023 гг. соответственно. Достоверных различий между пробами, полученными в июне 2022 г. и в июне 2023 г., нет (U экспериментальное — 149, $z = 0,44$, $p = 0,362$).

При построении полной регрессионной модели для вычисления СКВА в козьем молоке были учтены все данные биохимического анализа козьего молока, даже если они не оказывали существенного влияния на интересующий показатель СКВА. Таким образом, показатель значения СКВА рассчитывался как линейная комбинация параметров МДЖ, МДБи, казеинов, лактозы и т. д.

В результате построения регрессионной модели сформировано несколько регрессионных уравнений. Уравнение 1 учитывает все полученные результаты:

$$СКВА = 89,23 - 8,71 \times МДЖ - 10,79 \times МДБи + 55,87 \times МДБо - 52,73 \times Л + 61,99 \times СОМО + 8,62 \times СВ - 135,14 \times К - 56,89 \times А + 63,26 \times БГБ - 0,20 \times М - 0,40 \times ТЗ - 0,82 \times рН, \quad (1),$$

где МДЖ — массовая доля жира, МДБи — массовая доля белка (истинного), МДБо — массовая доля белка (общего), СОМО — сухой обезжиренный молочный остаток, СВ — сухое вещество, Л — лактоза, К — казеины, А — ацетон, БГБ — бета-гидроксibuтират, М — мочевины, ТЗ — точка замерзания, рН — кислотность.

Уравнение (1) имеет низкий коэффициент множественной корреляции (0,674) и незначимо по F-критерию. Кроме того, полученные коэффициенты для МДЖ,

² ГОСТ 26809.1-2014 Молоко и молочная продукция.

³ Schwarz D. Quality assurance tools in milk-testing laboratories — the view of an instrument manufacturer. ICAR Technical Series. 2018; (23): 23–29.

⁴ Savina A.A. et al. Amperometric detection of antioxidant activity of model and biological fluids. Moscow University Chemistry Bulletin. 2020; 75: 340–346. <https://doi.org/10.3103/S0027131420060061>

⁵ R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2014. — URL <http://www.R-project.org/>

⁶ Контэ А.Ф., Игнатъева Л.П. Многофакторный регрессионный анализ показателей типа телосложения коров-первотелок черно-пестрой голштинизированной породы Подмосковья. Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2020; 4(52): 226–231. DOI 10.18286/1816-4501-2020-4-226-231

⁷ Фадейкина О.В., Волкова Р.А., Карпова Е.В. Статистическая обработка результатов аттестации биологических стандартных образцов: применение критерия Манна — Уитни. Химико-фармацевтический журнал. 2019;53(7): 54–58. <https://doi.org/10.30906/0023-1134-2019-53-7-54-58>

МДБи, МДБо, СОМО, СВ, лактозы, казеинов, ацетона, БГБ, мочевины, ТЗ, рН не являются значимыми по t-критерию Стьюдента, а скорректированное значение R^2 принимает отрицательное значение.

Чтобы оптимизировать модель в уравнении 1, приняли константу, равную 0, и получили уравнение 2 следующего вида:

$$\begin{aligned} \text{СКВА} = & 4,63 \times \text{МДЖ} - 40,38 \times \text{МДБи} + 72,46 \times \\ & \times \text{МДБо} - 61,67 \times \text{Л} + 80,73 \times \text{СОМО} - 3,09 \times \text{СВ} - \\ & - 128,34 \times \text{К} - 48,81 \times \text{А} + 33,98 \times \text{БГБ} - 0,16 \times \text{М} - \\ & - 0,18 \times \text{ТЗ} - 6,93 \times \text{рН}, \end{aligned} \quad (2),$$

Уравнение (2) имеет высокий коэффициент множественной корреляции (0,9663) и значимо по F-критерию. Однако полученные коэффициенты для МДЖ, МДБи, МДБо, СОМО, СВ, лактозы, казеинов, ацетона, БГБ, мочевины, ТЗ, рН не являются значимыми по t-критерию Стьюдента. Тем не менее скорректированное значение R^2 принимает высокое значение (0,67), что можно считать удовлетворительным результатом.

Чтобы оптимизировать и сократить полученное уравнение, провели ряд последовательных вычислений и путем подбора пришли к уравнению 3 следующего вида:

$$\text{СКВА} = 8,22 \times \text{К}, \quad (3),$$

где К — казеины.

Уравнение (3) имеет высокий коэффициент множественной корреляции (0,947) и значимо по F-критерию. Полученный коэффициент для казеинов ($p \leq 0,001$) является значимым по t-критерию Стьюдента, а скорректированное значение $R^2 = 0,84$, что можно считать хорошим результатом.

Воспользовавшись уравнением 3, были рассчитаны значения СКВА для проб, полученных в июле 2022 г. (рис. 1б) и в июле 2023-го (рис. 1г). Средние значения при использовании регрессионной модели составили $22,00 \pm 0,72$ и $21,79 \pm 0,71$ мг/г соответственно. Статистически значимых различий между средними результатами, полученными на приборе и при использовании уравнения множественной линейной регрессии, нет. Далее проверили разницу для каждого образца между показанием СКВА прибора и СКВА, рассчитанного с использованием полученного уравнения множественной регрессии. Из 36 расчетных по формуле значений в 5 случаях разница с результатами измерения составила 5%, что сопоставимо с погрешностью измерения прибора. В среднем разница с измеренными значениями составляла приблизительно 35%.

Таким образом, полученная модель регрессионного уравнения позволяет удовлетворительно описать среднее значение СКВА в популяции изучаемых животных, однако она требует доработки, чтобы получать индивидуальный результат, сопоставимый с погрешностью измерения прибора в 5%.

Выводы/Conclusion

Цельное козье молоко — ценный продукт питания с антиоксидантной активностью на уровне 22,0–22,3 мг/г. Предложенная модель регрессионного уравнения (3), которая включает в себя только казеины, имеет хорошую предсказательную ценность при оценке среднего значения показателя СКВА козьего молока в группе или выборке. Полученный с ее помощью результат $22,0\text{--}21,8 \pm 0,7$ мг/г сопоставим со средними значениями, полученными на приборе «ЦветЯуза 01-АА».

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные.

Все авторы внесли равный вклад в работу.

Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат.

Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

All authors made an equal contribution to the work.

The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism.

The authors declare no conflict of interest.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Материалы подготовлены в рамках регионального конкурса Российского научного фонда 2021 года «Проведение фундаментальных научных исследований и поисковых научных исследований малыми отдельными научными группами» (соглашение от 29.12.2021 № 22-26-00189).

FUNDING

The materials were prepared within the framework of the regional competition of the Russian Science Foundation in 2021 "Conducting fundamental scientific research and exploratory scientific research by small separate scientific groups" (Agreement of 29.12.2021 No. 22-26-00189).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Khan I.T., Nadeem M., Imran M., Ullah R., Ajmal M., Jaspal M.H. Antioxidant properties of Milk and dairy products: a comprehensive review of the current knowledge. *Lipids in Health and Disease*. 2019; 18: 41. <https://doi.org/10.1186/s12944-019-0969-8>
2. Clark S., Garcia M.B.M. A 100-Year Review: Advances in goat milk research. *Journal of Dairy Science*. 2017; 100(12): 10026–10044. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13287>
3. Haenlein G.F.W. Goat milk in human nutrition. *Small Ruminant Research*. 2004; 51(2): 155–163. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2003.08.010>
4. Silanikove N., Leitner G., Merin U., Prosser C.G. Recent advances in exploiting goat's milk: Quality, safety and production aspects. *Small Ruminant Research*. 2010; 89(2–3): 110–124. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2009.12.033>
5. Verruck S., Dantas A., Prudencio E.S. Functionality of the components from goat's milk, recent advances for functional dairy products development and its implications on human health. *Journal of Functional Foods*. 2019; 52: 243–257. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.11.017>
6. Yazdanparast R., Ardestani A. In Vitro Antioxidant and Free Radical Scavenging Activity of *Cyperus rotundus*. *Journal of Medicinal Food*. 2007; 10(4): 667–674. <https://doi.org/10.1089/jmf.2006.090>
7. Kris-Etherton P.M. et al. Bioactive compounds in foods: their role in the prevention of cardiovascular disease and cancer. *The American Journal of Medicine*. 2002; 113(9): 71–88. [https://doi.org/10.1016/S0002-9343\(01\)00995-0](https://doi.org/10.1016/S0002-9343(01)00995-0)
8. Добрян Е.И. Антиоксидантная система молока. *Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий*. 2020; 82(2): 101–106. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2020-2-101-106>

REFERENCES

1. Khan I.T., Nadeem M., Imran M., Ullah R., Ajmal M., Jaspal M.H. Antioxidant properties of Milk and dairy products: a comprehensive review of the current knowledge. *Lipids in Health and Disease*. 2019; 18: 41. <https://doi.org/10.1186/s12944-019-0969-8>
2. Clark S., Garcia M.B.M. A 100-Year Review: Advances in goat milk research. *Journal of Dairy Science*. 2017; 100(12): 10026–10044. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13287>
3. Haenlein G.F.W. Goat milk in human nutrition. *Small Ruminant Research*. 2004; 51(2): 155–163. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2003.08.010>
4. Silanikove N., Leitner G., Merin U., Prosser C.G. Recent advances in exploiting goat's milk: Quality, safety and production aspects. *Small Ruminant Research*. 2010; 89(2–3): 110–124. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2009.12.033>
5. Verruck S., Dantas A., Prudencio E.S. Functionality of the components from goat's milk, recent advances for functional dairy products development and its implications on human health. *Journal of Functional Foods*. 2019; 52: 243–257. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.11.017>
6. Yazdanparast R., Ardestani A. In Vitro Antioxidant and Free Radical Scavenging Activity of *Cyperus rotundus*. *Journal of Medicinal Food*. 2007; 10(4): 667–674. <https://doi.org/10.1089/jmf.2006.090>
7. Kris-Etherton P.M. et al. Bioactive compounds in foods: their role in the prevention of cardiovascular disease and cancer. *The American Journal of Medicine*. 2002; 113(9): 71–88. [https://doi.org/10.1016/S0002-9343\(01\)00995-0](https://doi.org/10.1016/S0002-9343(01)00995-0)
8. Dobriyan E.I. Dairy antioxidant system. *Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies*. 2020; 82(2): 101–106 (In Russian). <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2020-2-101-106>

9. Abbring S., Hols G., Garssen J., van Esch B.C.A.M. Raw cow's milk consumption and allergic diseases — The potential role of bioactive whey proteins. *European Journal of Pharmacology*. 2019; 843: 55–65. <https://doi.org/10.1016/j.ejphar.2018.11.013>
10. Usta B., Yılmaz-Ersan L. Sütün Antioksidan Enzimleri ve Biyolojik Etkileri. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 2013; 27(2): 123–130.
11. Choe E., Min D.B. Mechanisms of Antioxidants in the Oxidation of Foods. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2009; 8(4): 345–358. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2009.00085.x>
12. Vargas-Bello-Pérez E., Márquez-Hernández R.I., Hernández-Castellano L.E. Bioactive peptides from milk: animal determinants and their implications in human health. *Journal of Dairy Research*. 2019; 86(2): 136–144. <https://doi.org/10.1017/S0022029919000384>
13. Шидловская В.П., Юрова Е.А. Антиоксиданты молока и их роль в оценке его качества. *Молочная промышленность*. 2010; (2): 24–26. <https://elibrary.ru/kzuqif>
14. Politis I. Reevaluation of vitamin E supplementation of dairy cows: bioavailability, animal health and milk quality. *Animal*. 2012; 6(9): 1427–1434. <https://doi.org/10.1017/S1751731112000225>
15. Stahl W., Sies H. Antioxidant activity of carotenoids. *Molecular Aspects of Medicine*. 2003; 24(6): 345–351. [https://doi.org/10.1016/S0098-2997\(03\)00030-X](https://doi.org/10.1016/S0098-2997(03)00030-X)
16. Young A.J., Lowe G.M. Antioxidant and Prooxidant Properties of Carotenoids. *Archives of Biochemistry and Biophysics*. 2001; 385(1): 20–27. <https://doi.org/10.1006/abbi.2000.2149>
17. Panfili G., Manzi P., Pizzoferrato L. Influence of thermal and other manufacturing stresses on retinol isomerization in milk and dairy products. *Journal of Dairy Research*. 1998; 65(2): 253–260. <https://doi.org/10.1017/S0022029997002811>
18. Simos Yu. *et al.* Antioxidant and anti-platelet properties of milk from goat, donkey and cow: An in vitro, ex vivo and in vivo study. *International Dairy Journal*. 2011; 21(11): 901–906. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2011.05.007>
19. Shields H.J., Traa A., Van Raamsdonk J.M. Beneficial and Detrimental Effects of Reactive Oxygen Species on Lifespan: A Comprehensive Review of Comparative and Experimental Studies. *Frontiers in Cell and Developmental Biology*. 2021; 9: 628157. <https://doi.org/10.3389/fcell.2021.628157>
20. Донская Г.А. Антиоксидантные свойства молока и молочных продуктов: обзор. *Пищевая промышленность*. 2020; (12): 86–91. <https://doi.org/10.24411/0235-2486-2020-10150>
21. Pogorzelska-Nowicka E. *et al.* Sage extracts obtained with cold plasma improves beef quality. *Meat Science*. 2022; 194: 108988. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2022.108988>
22. Garau V., Manis C., Scano P., Caboni P. Compositional Characteristics of Mediterranean Buffalo Milk and Whey. *Dairy*. 2021; 2(3): 469–488. <https://doi.org/10.3390/dairy2030038>
23. Redha A.A., Valizadenia H., Siddiqui S.A., Maqsood S. A state-of-art review on camel milk proteins as an emerging source of bioactive peptides with diverse nutraceutical properties. *Food Chemistry*. 2022; 373(A): 131444. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131444>
24. Савина А.А., Воронина О.А., Игнатова Л.П., Боголюбова Н.В., Зайцев С.Ю. Взаимосвязь между антиоксидантной активностью и компонентным составом молока коров черно-пестрой породы в зимне-стойловый период содержания. *Ветеринария, зоотехния и биотехнология*. 2021; (5): 86–96. <https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202105012>

ОБ АВТОРАХ

Оксана Александровна Воронина

кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела физиологии и биохимии сельскохозяйственных животных
voroninaok-senia@inbox.ru
<https://orcid.org/0000-0002-6774-4288>

Никита Сергеевич Колесник

младший научный сотрудник отдела физиологии и биохимии сельскохозяйственных животных
kominisiko@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4267-5300>

Анастасия Анатольевна Савина

младший научный сотрудник отдела физиологии и биохимии сельскохозяйственных животных
kirablackfire@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0257-1643>

Роман Анатольевич Рыков

старший научный сотрудник отдела физиологии и биохимии сельскохозяйственных животных
brukw@bk.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0228-8901>

Сергей Юрьевич Зайцев

доктор биологических наук, доктор химических наук, профессор, ведущий научный сотрудник отдела физиологии и биохимии сельскохозяйственных животных
s.y.zaitsev@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-1533-8680>

Федеральный исследовательский центр животноводства — ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста, пос. Дубровицы, 60, г. о. Подольск, Московская обл., 142132, Россия

9. Abbring S., Hols G., Garssen J., van Esch B.C.A.M. Raw cow's milk consumption and allergic diseases — The potential role of bioactive whey proteins. *European Journal of Pharmacology*. 2019; 843: 55–65. <https://doi.org/10.1016/j.ejphar.2018.11.013>

10. Usta B., Yılmaz-Ersan L. Antioxidant Enzymes of Milk and Their Biological Effects. *Journal of Agricultural Faculty of Uludag University*. 2013; 27(2): 123–130 (In Turkish).

11. Choe E., Min D.B. Mechanisms of Antioxidants in the Oxidation of Foods. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2009; 8(4): 345–358. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2009.00085.x>

12. Vargas-Bello-Pérez E., Márquez-Hernández R.I., Hernández-Castellano L.E. Bioactive peptides from milk: animal determinants and their implications in human health. *Journal of Dairy Research*. 2019; 86(2): 136–144. <https://doi.org/10.1017/S0022029919000384>

13. Shidlovskaya V.P., Yurova E.A. Antioxidants in milk and their role in assessing milk quality. *Dairy Industry*. 2010; (2): 24–26 (In Russian). <https://elibrary.ru/kzuqif>

14. Politis I. Reevaluation of vitamin E supplementation of dairy cows: bioavailability, animal health and milk quality. *Animal*. 2012; 6(9): 1427–1434. <https://doi.org/10.1017/S1751731112000225>

15. Stahl W., Sies H. Antioxidant activity of carotenoids. *Molecular Aspects of Medicine*. 2003; 24(6): 345–351. [https://doi.org/10.1016/S0098-2997\(03\)00030-X](https://doi.org/10.1016/S0098-2997(03)00030-X)

16. Young A.J., Lowe G.M. Antioxidant and Prooxidant Properties of Carotenoids. *Archives of Biochemistry and Biophysics*. 2001; 385(1): 20–27. <https://doi.org/10.1006/abbi.2000.2149>

17. Panfili G., Manzi P., Pizzoferrato L. Influence of thermal and other manufacturing stresses on retinol isomerization in milk and dairy products. *Journal of Dairy Research*. 1998; 65(2): 253–260. <https://doi.org/10.1017/S0022029997002811>

18. Simos Yu. *et al.* Antioxidant and anti-platelet properties of milk from goat, donkey and cow: An in vitro, ex vivo and in vivo study. *International Dairy Journal*. 2011; 21(11): 901–906. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2011.05.007>

19. Shields H.J., Traa A., Van Raamsdonk J.M. Beneficial and Detrimental Effects of Reactive Oxygen Species on Lifespan: A Comprehensive Review of Comparative and Experimental Studies. *Frontiers in Cell and Developmental Biology*. 2021; 9: 628157. <https://doi.org/10.3389/fcell.2021.628157>

20. Донская Г.А. Антиоксидантные свойства молока и молочных продуктов: обзор. *Food Processing Industry*. 2020; (12): 86–91 (In Russian). <https://doi.org/10.24411/0235-2486-2020-10150>

21. Pogorzelska-Nowicka E. *et al.* Sage extracts obtained with cold plasma improves beef quality. *Meat Science*. 2022; 194: 108988. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2022.108988>

22. Garau V., Manis C., Scano P., Caboni P. Compositional Characteristics of Mediterranean Buffalo Milk and Whey. *Dairy*. 2021; 2(3): 469–488. <https://doi.org/10.3390/dairy2030038>

23. Redha A.A., Valizadenia H., Siddiqui S.A., Maqsood S. A state-of-art review on camel milk proteins as an emerging source of bioactive peptides with diverse nutraceutical properties. *Food Chemistry*. 2022; 373(A): 131444. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131444>

24. Savina A.A., Voronina O.A., Ignatieva L.P., Bogolyubova N.V., Zaitsev S.Yu. The relationship between antioxidant activity and the component composition of milk of black-and-white cows in the winter-stall period. *Veterinary, Zootechnics and Biotechnology*. 2021; (5): 86–96 (In Russian). <https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202105012>

ABOUT THE AUTHORS

Oksana Alexandrovna Voronina

Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher of the Department of Physiology and Biochemistry of Farm Animals
voroninaok-senia@inbox.ru
<https://orcid.org/0000-0002-6774-4288>

Nikita Sergeevich Kolesnik

Junior Researcher of the Department of Physiology and Biochemistry of Farm Animals
kominisiko@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4267-5300>

Anastasia Anatolyevna Savina

Junior Researcher of the Department of Physiology and Biochemistry of Farm Animals
kirablackfire@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0257-1643>

Roman Anatolevich Rykov

Senior Researcher of the Department of Physiology and Biochemistry of Farm Animals
brukw@bk.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0228-8901>

Sergey Yurievich Zaitsev

Doctor of Biological Sciences, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Leading Researcher of the Department of Physiology and Biochemistry of Farm Animals
s.y.zaitsev@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-1533-8680>

Federal Research Center of Animal Husbandry — VIZ named after academician L.K. Ernst, 60 Dubrovitsy, Podolsk Municipal District, Moscow Region, 142132, Russia

Д.В. Попов¹ ✉
Т.Т. Глазко¹
В.И. Глазко¹
Е.Е. Ларина²
Е.С. Седлецкая³
Г.Ю. Косовский¹

¹Научно-исследовательский институт
пушного звероводства и кролиководства
им. В.А. Афанасьева, г. о. Раменский,
Московская обл., Россия

²Московская государственная
академия ветеринарной медицины и
биотехнологии — МВА им. К.И. Скрябина,
Москва, Россия

³Российский государственный
аграрный университет — Московская
сельскохозяйственная академия
им. К.А. Тимирязева, Москва, Россия

✉ popov.bio@gmail.com

Поступила в редакцию:
02.08.2023

Одобрена после рецензирования:
25.12.2023

Принята к публикации:
10.01.2024

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-378-1-86-91

Dmitry V. Popov¹ ✉
Tatyana T. Glazko¹
Valery I. Glazko¹
Elena E. Larina²
Evgeniya S. Sedletskaia³
Gleb Yu. Kosovsky¹

¹Scientific Research Institute of Fur-Bearing
Animal Breeding and Rabbit Breeding
named after V.A. Afanas'ev, Rodniki,
Moscow Region, Russia

²Moscow state Academy of Veterinary
Medicine and Biotechnology —
MVA by K.I. Scriabin, Moscow, Russia

³Russian State Agrarian University —
Moscow Agricultural Academy named after
K.A. Timiryazev, Moscow, Russia

✉ popov.bio@gmail.com

Received by the editorial office:
02.08.2023

Accepted in revised:
25.12.2023

Accepted for publication:
10.01.2024

Анализ взаимосвязи частоты встречаемости
эритроцитов с микроядрами, качества
семени и показателей воспроизводства при
искусственном осеменении лисиц

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Репродуктивные биотехнологии широко применяются в различных отраслях животноводства. Их научно обоснованное применение показывает высокие результаты в получении потомства. В пушном клеточном звероводстве также методы репродуктивной биотехнологии дают определенные результаты. В то же время для повышения и прогнозирования успеха в воспроизводстве пушных зверей необходимо контролировать отбор и подбор родительских особей, в частности самцов — доноров спермы при искусственном осеменении.

Методы.

Исследования были выполнены в феврале — мае 2023 года. Объектом исследования являлись образцы эякулятов, мазки периферической крови 16 самцов серебристо-черной лисицы, а также соответствующие результаты искусственного осеменения (ИО). Для оценки эякулятов изучали: концентрацию сперматозоидов — методом фотометрии, их процентное распределение по типам движения — на системе ISAS, морфологию спермиев — методом микроскопии. В мазках периферической крови определяли частоту встречаемости эритроцитов с микроядрами с применением микроядерного теста (МЯТ). Результаты ИО оценивали по количеству и процентному соотношению забеременевших и пропустовавших самок, количеству рожденных живых и мертвых щенков.

Результаты. Результаты показали, что при частоте встречаемости эритроцитов с микроядрами выше 2% содержание сперматозоидов в эякулятах составляло с непоступательным движением (тип с) от 45 до 54,5%, неподвижных (тип d) — от 22,7 до 44,2%. Также в эякулятах этих самцов преобладали аномальные формы сперматозоидов (63–83%), при этом пропустовавших самок отмечалось 66–100%. В то же время самцы с результатами МЯТ менее 1,5% демонстрировали хорошие показатели качества эякулятов и высокую эффективность искусственного осеменения.

Ключевые слова: эякулят, микроядерный тест, качество семени, искусственное осеменение, лисицы

Для цитирования: Попов Д.В., Глазко Т.Т., Глазко В.И., Ларина Е.Е., Седлецкая Е.С., Косовский Г.Ю.

Анализ взаимосвязи частоты встречаемости эритроцитов с микроядрами, качества семени и показателей воспроизводства при искусственном осеменении лисиц. *Аграрная наука.* 2024; 378(1): 86–91. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-378-1-86-91>

© Попов Д.В., Глазко Т.Т., Глазко В.И., Ларина Е.Е., Седлецкая Е.С., Косовский Г.Ю.

Analysis of the relationship between the frequency
of erythrocytes with micronuclei, semen
quality and reproductive indicators in artificial
insemination of foxes

ABSTRACT

Relevance. Reproductive biotechnologies are widely used in various branches of animal husbandry. Their scientifically based application shows high results in obtaining offspring. In fur-bearing cellular animal husbandry, reproductive biotechnology methods also give certain results. At the same time, in order to increase and predict the success in reproduction of fur-bearing animals, it is necessary to control the selection and selection of parental individuals, in particular male sperm donors during artificial insemination.

Methods. The studies were performed in February — May 2023. The object of the study were ejaculate samples, peripheral blood smears of 16 silver-black fox males, as well as the corresponding results of artificial insemination (AI). To evaluate ejaculates, the following were studied: sperm concentration — by photometry, their percentage distribution by type of movement — on the ISAS system, sperm morphology — by microscopy. In peripheral blood smears, the frequency of occurrence of erythrocytes with micronuclei was determined using a micronucleus test (MTA). The results of the IO were evaluated by the number and percentage of pregnant and missing females, the number of live and dead puppies born.

Results. The results showed that with the frequency of occurrence of erythrocytes with micronuclei above 2%, the sperm content in ejaculates was from 45 to 54.5% with non-accessible movement (type c), and from 22.7 to 44.2% stationary (type d). Also, abnormal sperm forms prevailed in the ejaculates of these males (63–83%), while 66–100% of missing females were noted. At the same time, males with MINTS of less than 1.5% demonstrated good ejaculate quality and high efficiency of artificial insemination.

Key words: ejaculate, micronucleus test, sperm quality, artificial insemination, foxes

For citation: Popov D.V., Glazko T.T., Glazko V.I., Larina E.E., Sedletskaia E.S., Kosovsky G.Yu. Analysis of the relationship between the frequency of erythrocytes with micronuclei, semen quality and reproductive indicators in artificial insemination of foxes. *Agrarian science.* 2024; 378(1): 86–91 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-378-1-86-91>

© Popov D.V., Glazko T.T., Glazko V.I., Larina E.E., Sedletskaia E.S., Kosovsky G.Yu.

Введение/Introduction

Уровень воспроизводства в любой отрасли животноводства — один из основных критериев оценки успешности хозяйственной деятельности предприятия.

С целью систематического и своевременного получения потомства в хозяйствах различных отраслей животноводства применяются как классические способы и подходы воспроизводства, так и инновационные высокотехнологичные методы репродуктивной биотехнологии. Звероводческие предприятия, специализирующиеся на разведении клеточных пушных зверей и получении шкурковой продукции, не являются исключением и при проведении технологических мероприятий по воспроизводству (гон) используют не только классические подходы (спаривание), но и различные методы репродуктивной биотехнологии. Так, на звероводческих фермах, где разводят представителей семейства куных, перед гоним или в его период для повышения количества щенят, индукции фолликулогенеза и овуляции у самок применяют различные гормональные препараты¹ [1].

В хозяйствах, где специализируются на разведении песцов и лисиц, кроме гормональных обработок, применяют метод искусственного осеменения, который, как показывает практика, позволяет достичь хороших результатов.

По данным, полученным в работе японских исследователей, в течение нескольких сезонов воспроизводства при естественном спаривании показатели зачатия после одного, двух и трех случек составили 55,8%, 68,0% и 85,7% соответственно.

В то же время оплодотворяемость при искусственном осеменении составляла 82,4%, при этом средний размер помета — 3,7–4,3 щенка при естественном осеменении, 4,4 щенка — при искусственном осеменении [2].

В другой работе этих же исследователей при проведении искусственного осеменения рыжих лисиц замороженно-оттаянным семенем, собранным с использованием электроэякулятора, показатель оплодотворяемости был 81,3% (13 из 16 лисиц), при этом индекс жизнеспособности сперматозоидов составил 47 ± 3 , расчетный индекс жизнеспособности после размораживания продемонстрировал 72,3% восстановления [3].

Однако, несмотря на то что показатели применения репродуктивных биотехнологий и классического спаривания на фермах по разведению лисиц и песцов достигают хороших результатов, в различные сезоны воспроизводства отмечается непостоянство относительного количества успешно осемененных самок, размера помета и относительного количества благополучно рожденных и выживших щенят [4].

Установлено, что в разные годы исследования при искусственном осеменении относительное количество забеременевших самок было различным и составляло от 66,8 до 83,4%, при этом выход щенков на основную самку также был разным — от $3,4 \pm 0,03$ до $4,3 \pm 0,003$ ².

Имеются данные, свидетельствующие о том, что у самцов лисицы может встречаться до 20% сперматозоидов с различными аномалиями [5], что может оказывать влияние на показатели воспроизводства.

Загрязнение окружающей среды, применение антибиотиков и гормональных препаратов, качество корма и питьевой воды, различные метаболические нарушения

оказывают негативное влияние на репродуктивные качества различных биологических объектов [6–9]. Эти проявления требуют контролируемого подхода к подбору и отбору родительских особей, как при естественном спаривании, так и при выборе доноров спермопродукции, для проведения искусственного осеменения. Традиционным и доступным в практической работе способом оценки семени считается микроскопическое исследование эякулятов самцов-производителей. Также существует компьютерный метод исследования семени с помощью систем CASA (Computer Aided Sperm Analysis). Данный метод более точный, исключает фактор субъективности, но предполагает соблюдение определенных технических требований к получению, транспортировке, разбавлению семени [10].

В целях прогнозирования репродуктивного успеха при применении биотехнологических методов воспроизводства в животноводстве успешно используется такой биологический показатель, как частота встречаемости различных характеристик геномной нестабильности соматических клеток, ассоциированный с изменчивостью частот появления аномальных сперматозоидов [11]. К таким показателям, в частности, относится количество эритроцитов с микроядрами, отражающее потенциальную геномную нестабильность доноров спермы.

Для того чтобы определить частоту встречаемости эритроцитов с микроядрами, в 1970 году был разработан микроядерный тест (МЯТ) [12]. Метод остается актуальным и сегодня, и с применением микроядерного теста на различных биологических моделях проводится внушительное количество исследований, направленных на выявление взаимосвязи частоты встречаемости эритроцитов с микроядрами и репродуктивными показателями [13–17].

Применяется метод оценки геномной нестабильности по характеристикам соматических клеток и с целью изучения возможной взаимосвязи между повышенной частотой встречаемости эритроцитов с микроядрами в периферической крови с аномалиями в сперматозоидах, бесплодием, невынашиванием беременности, преэклампсией и задержкой внутриутробного развития у человека [18].

Цель исследования — изучение взаимосвязи между показателями микроядерного теста, характеристиками эякулятов самцов лисицы и результатами искусственного осеменения лисиц их семенем для повышения успешности биотехнологических процедур по искусственному осеменению в зверохозяйствах.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Образцы эякулятов, неокрашенные мазки крови, результаты искусственного осеменения для исследования были представлены кафедрой частной зоотехнии Московской государственной академии ветеринарной медицины и биотехнологии — МВА им. К.И. Скрябина.

Для проведения исследования использовали эякуляты, полученные от 16 голов 3–4-летних самцов серебристо-черной лисицы, а также мазки их периферической крови.

Семя отбирали методом мастурбации², далее отбирали 0,5–1,0 мл для исследования и разбавляли в

¹ Мосин В.А., Дурманов Н.Д., Пустовой В.В. Патент RU 2 076 732 С1. Препарат для управления половым циклом животных «ФСГ-супер» Опубликовано 4.10.1997.

² Жвакина А.Р. Искусственное осеменение и криоконсервация семени для сохранения и рационального использования генетических ресурсов лисиц и песцов: специальность 06.02.09 — Звероводство и охотоведение: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук. пос. Родники, Московская обл. 2012; 23.

пропорции 1:1 средой Galap (IMV, Франция). Оставшиеся семя использовали для искусственного осеменения самок. Разбавленные образцы в течение пяти часов доставляли в лабораторию ветеринарной клиники РГАУ — МСХА им. К.А. Тимирязева для дальнейшей оценки их качества.

Концентрацию сперматозоидов (млн/мл) определяли методом фотометрии на приборе SDM-1 (Minitube, Германия).

Компьютерный анализ проводили на системе ISAS (Integrated Semen Analysis System, ISAS, Projected I Serveis R + D S.L., Испания).

Качество спермиев по типам движения и их процентному распределению в эякуляте: подвижные с быстрым поступательным движением — тип а, подвижные с медленным поступательным движением — тип b, подвижные с непоступательным движением (колебательное, маятникообразное, манежное) — тип с, неподвижные — тип d.

Морфологическую оценку сперматозоидов проводили с целью выявления, подсчета и определения процентного распределения нормальных и аномальных форм сперматозоидов в эякулятах. Для этого из эякулятов готовили мазки и проводили их оценку и подсчет сперматозоидов по методике, представленной в руководстве ВОЗ³ по исследованию и обработке эякулята человека.

Классификацию сперматозоидов проводили по принципу «нормальный — аномальный»³, при этом учитывали следующие дефекты:

- дефекты головки — большая или маленькая, конусообразная, грушевидная, круглая, аморфная, вакуолизированная; двухголовый или любая комбинация вышеперечисленных дефектов;
- дефекты шейки и средней части — асимметричное прикрепление средней части к головке (гетероаксиальность), толстая или с неправильным контуром, чрезмерно изогнутая, аномально тонкая или любая комбинация названных характеристик;
- дефекты основной части жгутика — короткая, множественная, сломанная, шпилькообразная, с резко выраженным углом, ширина с неправильным контуром, скрученная или любая комбинация названных характеристик.

Для выполнения микроядерного теста были приготовлены цитогенетические препараты — мазки крови. Кровь брали методом срезания ногтя на среднем пальце тазовой конечности. Мазки крови окрашивали по Романовскому — Гимзе. Подсчет эритроцитов с микроядрами проводили под микроскопом MIS-8000 (C&A Scientific Co Inc, Китай) с использованием иммерсионного объектива при увеличении $\times 1000$. В каждом препарате подсчитывалось количество эритроцитов, содержащих микроядра (ЭМЯ), в расчете на 3000 клеток по следующей формуле:

$$(\text{Количество ЭМЯ}) / 3000 \times 100.$$

Частоту встречаемости эритроцитов с микроядрами выражали в промилле (‰). Процедуру искусственного осеменения проводили однократно разбавленным семенем в соотношении 1:3 в течение 2–3 часов после взятия эякулята. Для оценки эффективности процедуры искусственного осеменения учитывали: количество и процентное соотношение забеременевших и пропустивших самок, а также количество рожденных живых и мертвых щенков.

Для выявления статистически зависимых показателей использовали коэффициент ранговой корреляции Спирмена⁴.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

В результате исследований эякулятов, полученных от самцов лисицы, было установлено, что общая концентрация сперматозоидов в разбавленных (1:1) образцах имела различные значения и колебалась от 47 до 172 млн/мл (табл. 1).

Таблица 1. Показатели МЯТ и эякулятов самцов лисицы

Table 1. Parameters of MNT and ejaculates of male foxes

№ образца	Показатели эякулятов					МЯТ, %
	концентрация сперматозоидов, млн/мл	распределение сперматозоидов по типам движения, %				
		a	b	c	d	
1	78	14,3	17,1	30	38,6	1,95
2	67	22,7	0	54,5	22,7	2,13
3	107	21,4	0	50	28,6	2,45
4	114	15,1	9,0	45,7	30,2	1,92
5	60	9,3	0	46,5	44,2	2,31
6	47	25	0	45	30	2,53
7	69	61,9	0	16,5	21,6	1,78
8	83	57,3	21,7	14,5	6,5	1,53
9	78	62,4	23,1	0	14,5	1,32
10	89	48,1	31,5	0	20,4	1,47
11	101	72,2	18,8	0	9	1,22
12	77	65,8	20,0	7,4	6,8	1,41
13	93	82,3	10,3	0,0	7,4	0,89
14	68	87,4	0	11,5	1,1	1,13
15	108	81,6	11,3	7,1	0	0,53
16	172	84,9	0	9,5	5,6	0,97

При этом было установлено, что степень влияния концентрации сперматозоидов в эякулятах самцов лисицы минимальна на результаты искусственного осеменения (ИО) и не имеет статистически значимых отличий. Так, высокая эффективность процедуры ИО лисиц отмечалась как при высокой концентрации сперматозоидов (образцы 15–100 млн/мл — 100% беременных самок, 16–172 млн/мл — 75% беременных самок), так и при средней (образцы 14–68 млн/мл и 12–70 млн/мл — 100% беременных самок), и, наоборот, при искусственном осеменении лисиц образцами с высокой концентрацией сперматозоидов в эякулятах забеременевших самок не отмечалось (3–107 млн/мл; при осеменении образцом 4–114 млн/мл было только 33,3% забеременевших самок) (табл. 1, 2).

В то же время результаты искусственного осеменения лисиц и анализ на системе ISAS семени показывают, что одним из определяющих факторов успешности процедуры ИО было процентное распределение сперматозоидов по типу движения в эякулятах. Высокое процентное содержание в эякулятах сперматозоидов с типом движения a + b (более 50%) обеспечивало 100%-ный результат осеменения в семи случаях (образцы 9–15), 75% — в двух случаях (образцы 8 и 16), 50% — в одном случае (образец 7).

Необходимо отметить, что в образце 7 хотя и был высокий процент сперматозоидов с быстрым поступательным движением (тип а) (61,9%), но полностью

³ Руководство ВОЗ по исследованию и обработке эякулята человека (под ред. д. б. н., проф. Л.Ф. Курило). 5-е изд. Капитал Принт. 2012; 305.
⁴ <https://medstatistic.ru/methods/methods9.html>

Таблица 2. Результаты искусственного осеменения лис

Table 2. Results of artificial insemination

№ образца	Показатели ИО				
	ИО самок голов	Пропустовало самок, голов (%)	Беременных самок, голов (%)	Родилось щенков живых, голов	Родилось щенков мертвых, голов
1	2	1 (50)	1 (50)	2	3
2	3	2 (66,6)	1 (33,3)	4	2
3	1	1 (100)	0	0	0
4	3	2 (66,6)	1 (33,3)	4	0
5	5	5 (100)	0	0	0
6	6	6 (100)	0	0	0
7	3	2 (50)	1 (50)	3	0
8	4	1 (25)	3 (75)	6	0
9	3	0	3 (100)	9	0
10	1	0	1 (100)	3	0
11	2	0	2 (100)	10	0
12	3	0	3 (100)	9	1
13	2	0	2 (100)	5	1
14	3	0	3 (100)	17	2
15	4	0	4 (100)	21	2
16	4	1 (25)	3 (75)	15	1

отсутствовали сперматозоиды с медленным поступательным движением (тип b), определялось довольно высокое содержание сперматозоидов с непоступательным движением (колебательное, маятникообразное, маневренное — тип c) — таких было 16,5%, а также неподвижных (тип d) — 21,6%.

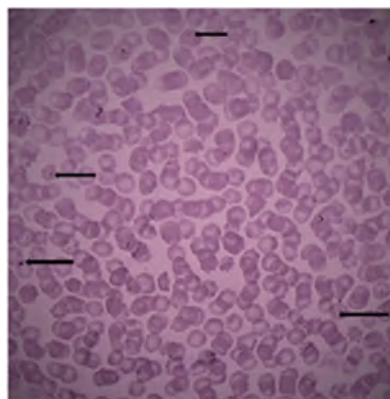
В то же время образцы 1–6 имели низкое содержание сперматозоидов с быстрым поступательным движением (тип a), а сперматозоиды с медленным поступательным движением определялись только в эякулятах 1 и 4. Во всех образцах (с 1 по 6) отмечалось высокое содержание сперматозоидов с непоступательными движениями (тип c) и (или) неподвижных (тип d). Результаты ИО этими эякулятами были низкие и составляли: максимум 50% — в одном случае (образец 1), 33,3% — в двух случаях (образцы 2 и 4), отсутствие беременности — в трех случаях (образцы 3, 5 и 6).

При проведении микроядерного теста установлено, что у самцов, эякуляты (образцы 1–6) которых показали низкие результаты при ИО, частота встречаемости эритроцитов с микроядрами составила от 1,92 до 2,53%. Частота встречаемости эритроцитов с микроядрами (рис. 1) в мазках крови превысила 2,0% в биообразцах животных 3–2,45%, 5–2,31% и 6 2,53%, сперма которых при ИО не имела успеха, и только у образца 3—2,13% положительный результат ИО был в одном случае из трех. В то же время самцы, эякуляты которых продемонстрировали высокие результаты ИО, имели показатели микроядерного теста (МЯТ) ниже, и частота встречаемости эритроцитов с микроядрами составила от 0,53 до 1,53% (табл. 1, 2).

При оценке и выявлении морфологически нормальных и аномальных форм сперматозоидов в

Рис. 1. Мазок периферической крови самца лисы. Стрелочками указаны отдельные эритроциты с наличием микроядра. Микроскоп MIS-8000, увеличение $\times 1000$, окраска по Романовскому — Гимзе

Fig. 1. Peripheral blood smear of a male fox. Arrows indicate individual erythrocytes with the presence of micronuclei. Microscope MIS-8000, $\times 1000$ magnification, Romanowsky — Giemsa staining



исследуемых образцах эякулятов были получены следующие значения (табл. 3). В образцах 1–6 морфологически нормальных сперматозоидов определялось не более 37% (образец 4), при этом, как было отмечено, показатели микроядерного теста у данных самцов имели высокие значения — от 1,92 до 2,53%. В этих эякулятах преобладали аномальные формы сперматозоидов — от 63 до 83%. При этом была установлена прямая корреляция между повышением частоты встречаемости эритроцитов с микроядрами и повышением в эякулятах сперматозоидов с аномальными формами ($p < 0,05$).

Распределение по видам аномальных форм сперматозоидов в этих образцах было неравномерным, и некоторые сперматозоиды имели множественные формы аномалий, то есть у одного и того же сперматозоида отмечались, например, и аномалия головки, и аномалия жгутика (рис. 2). Кроме того, прослеживалась тенденция, показывающая, что у самцов, в мазках крови которых частота встречаемости эритроцитов превышала

Таблица 3. Показатели морфологической оценки эякулятов самцов лисы и результаты МЯТ

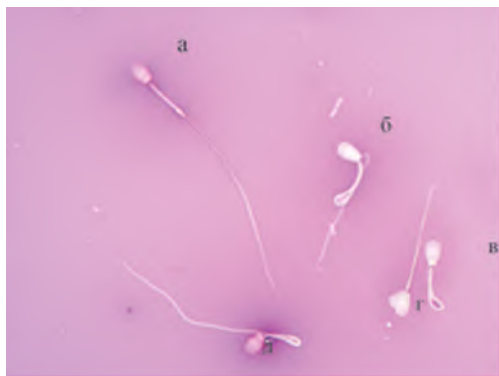
Table 3. Morphological evaluation indicators of male fox ejaculate and results of MNT

№ образца	Показатели					
	Результаты МЯТ %*	Морфологически нормальные формы (%) в эякуляте	Аномальные формы, в том числе (%) в эякуляте*	Распределение (в %) аномальных форм сперматозоидов в эякуляте		
				аномалия головки, %	аномалия шейки, %	аномалия жгутика, %
1	1,95	25	75	35	26	43
2	2,13	22	78	53	23	38
3	2,45	18	82	57	25	39
4	1,92	37	63	47	24	40
5	2,31	17	83	66	21	43
6	2,53	18	82	65	19	41
7	1,78	51	49	41	21	38
8	1,53	87	13	15	7	15
9	1,32	91	9	7	9	7
10	1,47	83	17	8	8	6
11	1,22	85	15	5	0	3
12	1,41	82	18	3	0	4
13	0,89	95	5	0	0	4
14	1,13	91	9	4	0	5
15	0,53	100	0	0	0	0
16	0,97	89	11	0	0	3

Примечание: * $p < 0,05$ — высокая зависимость между частотой повышения эритроцитов с микроядрами и содержанием аномальных форм сперматозоидов в эякулятах.

Рис. 2. Сперматозоиды лисицы: а — нормальный сперматозоид; б, д — аномальный сперматозоид (асимметричное прикрепление средней части к головке, чрезмерно изогнутая средняя часть); в — аномальный сперматозоид (чрезмерно изогнутая средняя часть, скрученный жгутик); г — аномальный сперматозоид (двухголовый, скрученный жгутик). Микроскоп Olympus CX 31, увеличение $\times 1000$, окраска — эозин + нигрозин

Fig. 2. Fox spermatozoa: a — normal sperm; b, d — abnormal sperm (asymmetric attachment of the middle part to the head, excessively curved middle part); c — abnormal sperm (excessively curved middle part, twisted flagellum); d — abnormal sperm (two-headed, twisted flagellum). Olympus CX 31 microscope, magnification $\times 1000$, color — eosin + nigrosin



2‰, преобладали формы аномалий головки (образцы 3 — 2,13‰/53% сперматозоидов с аномалией головки, 3 — 2,45‰/57%, 5 — 2,31‰/66%, 6 — 2,53‰/65%). По частоте встречаемости среди аномалий преобладали сперматозоиды с измененными жгутиками по сравнению с аномальными формами шейки, в эякулятах таких сперматозоидов встречалось от 38 до 43%.

В образцах 7–16, где исследовались эякуляты самцов, у которых частота встречаемости эритроцитов с микроядрами не превышала 1,53‰, преобладали морфологически нормальные сперматозоиды, их относительное количество составляло от 82 до 100%. У трех образцов (13, 15 и 16) практически отсутствовали сперматозоиды с аномалиями головки и шейки.

Эякуляты, в которых преобладали сперматозоиды с типом движения а и б, показали хорошие результаты искусственного осеменения, данный показатель ассоциирован с фертильными качествами семени. В то же время в эякулятах с низкими оплодотворяющими способностями преобладали сперматозоиды с непоступательным движением (тип с) и неподвижные (тип д). Было установлено, что эякуляты с низкой оплодотворяющей способностью получены от самцов с высокими показателями МЯТ, частота встречаемости эритроцитов с микроядрами в мазках, приготовленных из периферической крови, взятой у этих самцов, превышала 2‰. Отмечено, что в этих эякулятах преобладали морфологически аномальные сперматозоиды и в процентном распределении встречаемости аномалий чаще встречались аномалии головки и жгутиков, что могло сказаться на оплодотворяющей способности сперматозоидов и их подвижности.

Выводы/Conclusion

1. Концентрация сперматозоидов в эякулятах самцов лисицы не оказывала существенного влияния на результаты ИО, 75–100%-ная оплодотворяемость отмечалась как при высокой концентрации (172 млн/мл), так и при средней (68 млн/мл).

2. Высокое процентное содержание в эякулятах сперматозоидов с типом движения а + б (более 50%) обеспечивало 100%-ный положительный результат ИО лисиц;

3. Выявлена высокая зависимость ($p < 0,05$) между частотой повышения эритроцитов с микроядрами и содержанием аномальных форм сперматозоидов в эякулятах.

4. Установлено, что эякуляты с низкой оплодотворяющей способностью получены от самцов с высокими показателями МЯТ, частота встречаемости эритроцитов с микроядрами в мазках, приготовленных из периферической крови, взятой у этих самцов, превышала 2‰.

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные.

Все авторы внесли равный вклад в работу. Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

All authors made an equal contribution to the work. The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism. The authors declare no conflict of interest.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование выполнено в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования России.

FUNDING

The research was carried out within the framework of the state assignment of the Ministry of Science and Higher Education of Russia.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Ireland J.J., Martin T.L., Ireland J.L.H., Aulerich R.J. Immunoneutralization of Inhibin Suppresses Reproduction in Female Mink. *Biology of Reproduction*. 1992; 47(5): 746–750. <https://doi.org/10.1095/biolreprod47.5.746>
- Yatu M. et al. Breeding profiles at the periparturient stage in captive red foxes (*Vulpes vulpes*) mating naturally or subjected to artificial insemination in Japan. *Journal of Veterinary Research*. 2019; 63(2): 299–302. <https://doi.org/10.2478/jvetres-2019-0031>
- Yatu M. et al. Collection and frozen storage of semen for artificial insemination in red foxes (*Vulpes vulpes*). *Journal of Veterinary Medical Science*. 2018; 80(11): 1762–1765. <https://doi.org/10.1292/jvms.17-0433>
- Farstad W., Fougner J.A., Torres C.G. The optimum time for single artificial insemination of blue fox vixens (*Alopex lagopus*) with frozen-thawed semen from silver foxes (*Vulpes vulpes*). *Theriogenology*. 1992; 38(5): 853–865. [https://doi.org/10.1016/0093-691x\(92\)90161-j](https://doi.org/10.1016/0093-691x(92)90161-j)
- Jalkanen L. Sperm abnormalities in silver fox (*Vulpes vulpes*) semen selected for artificial insemination. *Journal of reproduction and fertility. Supplement*. 1993; 47: 287–290.
- Khushboo M. et al. Dietary phytoestrogen diosgenin interrupts metabolism, physiology, and reproduction of Swiss albino mice: Possible mode of action as an emerging environmental contaminant, endocrine disruptor and reproductive toxicant. *Food and Chemical Toxicology*. 2023; 176: 113798. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2023.113798>

REFERENCES

- Ireland J.J., Martin T.L., Ireland J.L.H., Aulerich R.J. Immunoneutralization of Inhibin Suppresses Reproduction in Female Mink. *Biology of Reproduction*. 1992; 47(5): 746–750. <https://doi.org/10.1095/biolreprod47.5.746>
- Yatu M. et al. Breeding profiles at the periparturient stage in captive red foxes (*Vulpes vulpes*) mating naturally or subjected to artificial insemination in Japan. *Journal of Veterinary Research*. 2019; 63(2): 299–302. <https://doi.org/10.2478/jvetres-2019-0031>
- Yatu M. et al. Collection and frozen storage of semen for artificial insemination in red foxes (*Vulpes vulpes*). *Journal of Veterinary Medical Science*. 2018; 80(11): 1762–1765. <https://doi.org/10.1292/jvms.17-0433>
- Farstad W., Fougner J.A., Torres C.G. The optimum time for single artificial insemination of blue fox vixens (*Alopex lagopus*) with frozen-thawed semen from silver foxes (*Vulpes vulpes*). *Theriogenology*. 1992; 38(5): 853–865. [https://doi.org/10.1016/0093-691x\(92\)90161-j](https://doi.org/10.1016/0093-691x(92)90161-j)
- Jalkanen L. Sperm abnormalities in silver fox (*Vulpes vulpes*) semen selected for artificial insemination. *Journal of reproduction and fertility. Supplement*. 1993; 47: 287–290.
- Khushboo M. et al. Dietary phytoestrogen diosgenin interrupts metabolism, physiology, and reproduction of Swiss albino mice: Possible mode of action as an emerging environmental contaminant, endocrine disruptor and reproductive toxicant. *Food and Chemical Toxicology*. 2023; 176: 113798. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2023.113798>

7. Mhaibes A.A., Madhi A.S., Hasan B.F. Physiological and Histological Effects of Ginseng Oil on Reproductive Efficiency in Adult Male Rats. *Archives of Razi Institute*. 2023; 78(1): 145–150. <https://doi.org/10.22092/ARI.2022.358488.2229>
8. Lismer A., Kimmins S. Emerging evidence that the mammalian sperm epigenome serves as a template for embryo development. *Nature Communications*. 2023; 14: 2142. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-37820-2>
9. Mustafa M., Dar S.A., Azmi S., Haque S. The Role of Environmental Toxicant-Induced Oxidative Stress in Male Infertility. Roychoudhury S., Kesari K.K. (eds.). *Oxidative Stress and Toxicity in Reproductive Biology and Medicine. Advances in Experimental Medicine and Biology*, vol. 1391. Cham: Springer. 2022; 17–32. https://doi.org/10.1007/978-3-031-12966-7_2
10. Fernandez-Novo A. et al. Effect of Extender, Storage Time and Temperature on Kinetic Parameters (CASA) on Bull Semen Samples. *Biology*. 2021; 10(8): 806. <https://doi.org/10.3390/biology10080806>
11. Rubeš J., Hořinová Z., Gustavsson I., Borkovec L., Urbanová J. Somatic chromosome mutations and morphological abnormalities in sperms of boars. *Hereditas*. 1991; 115(2): 139–143. <https://doi.org/10.1111/j.1601-5223.1991.tb03548.x>
12. Новгородова И.П. Возможности использования микроядерного анализа для выявления генных мутаций животных. *Аграрная наука*. 2023; (2): 23–29. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-367-2-23-29>
13. Marchetti F., Rowan-Carroll A., Williams A., Polyzos A., Berndt-Weis M.L., Yauk C.L. Sidestream tobacco smoke is a male germ cell mutagen. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2011; 108(31): 12811–12814. <https://doi.org/10.1073/pnas.1106896108>
14. Ceyca-Contreras J.P., Castillo-Guerrero J.A., Torres-Bugarín O., García-Hernández J., Betancourt-Lozano M. Micronuclei in embryos of eight seabird species in northwestern Mexico: A biomarker of exposure to coastal pollution?. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*. 2023; 887: 503615. <https://doi.org/10.1016/j.mrgentox.2023.503615>
15. Huang Y., Roig I. Genetic control of meiosis surveillance mechanisms in mammals. *Frontiers in Cell and Developmental Biology*. 2023; 11: 1127440. <https://doi.org/10.3389/fcell.2023.1127440>
16. Косовский Г.Ю., Карелина Т.К., Прокопенко Т.В., Стрельцова Е.А., Голованова Е.В. Цитогенетическая характеристика самцов кроликов с различной воспроизводительной способностью при формировании селекционной группы. *Аграрный научный журнал*. 2021; (10): 88–92. <https://doi.org/10.28983/asj.y2021i10pp88-92>
17. Глазко Т.Т., Попов Д.В., Бригида А.В., Косовский Г.Ю. Взаимосвязь геномной нестабильности и эмбриопродуктивности у коров — доноров эмбрионов. *Ветеринария Кубани*. 2015; (6): 9–11. <https://www.elibrary.ru/vbreid>
18. Fenech M. Micronuclei and their association with sperm abnormalities, infertility, pregnancy loss, pre-eclampsia and intrauterine growth restriction in humans. *Mutagenesis*. 2011; 26(1): 63–67. <https://doi.org/10.1093/mutage/geq084>

ОБ АВТОРАХ

Дмитрий Владимирович Попов¹

кандидат биологических наук
popov.bio@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-7422-5470>

Татьяна Теодоровна Глазко¹

доктор сельскохозяйственных наук, профессор
<https://orcid.org/0000-0002-3879-6935>

Валерий Иванович Глазко¹

доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик
Российской академии наук (иностраный член)
<https://orcid.org/0000-0002-8566-8717>

Елена Евгеньевна Ларина²

кандидат сельскохозяйственных наук
<https://orcid.org/0000-0002-4734-5773>

Евгения Сергеевна Седлецкая³

кандидат ветеринарных наук
<https://orcid.org/0000-0002-4798-8971>

Глеб Юрьевич Косовский¹

доктор биологических наук, член-корреспондент Российской академии наук
<https://orcid.org/0000-0003-3808-3086>

¹Научно-исследовательский институт пушного звероводства и кролиководства им. В.А. Афанасьева, ул. Трудовая, 6, пос. Родники, Раменский р-н, Московская обл., 140143, Россия

²Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии — МВА им. К.И. Скрябина, ул. Академика Скрябина, 23, Москва, 109472, Россия

³Российский государственный аграрный университет — Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева, ул. Тимирязевская, 49, Москва, 127550, Россия

7. Mhaibes A.A., Madhi A.S., Hasan B.F. Physiological and Histological Effects of Ginseng Oil on Reproductive Efficiency in Adult Male Rats. *Archives of Razi Institute*. 2023; 78(1): 145–150. <https://doi.org/10.22092/ARI.2022.358488.2229>
8. Lismer A., Kimmins S. Emerging evidence that the mammalian sperm epigenome serves as a template for embryo development. *Nature Communications*. 2023; 14: 2142. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-37820-2>
9. Mustafa M., Dar S.A., Azmi S., Haque S. The Role of Environmental Toxicant-Induced Oxidative Stress in Male Infertility. Roychoudhury S., Kesari K.K. (eds.). *Oxidative Stress and Toxicity in Reproductive Biology and Medicine. Advances in Experimental Medicine and Biology*, vol. 1391. Cham: Springer. 2022; 17–32. https://doi.org/10.1007/978-3-031-12966-7_2
10. Fernandez-Novo A. et al. Effect of Extender, Storage Time and Temperature on Kinetic Parameters (CASA) on Bull Semen Samples. *Biology*. 2021; 10(8): 806. <https://doi.org/10.3390/biology10080806>
11. Rubeš J., Hořinová Z., Gustavsson I., Borkovec L., Urbanová J. Somatic chromosome mutations and morphological abnormalities in sperms of boars. *Hereditas*. 1991; 115(2): 139–143. <https://doi.org/10.1111/j.1601-5223.1991.tb03548.x>
12. Novgorodova I.P. Possibilities of using micronucleus analysis to detect gene mutations in animals. *Agrarian science*. 2023; (2): 23–29 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-367-2-23-29>
13. Marchetti F., Rowan-Carroll A., Williams A., Polyzos A., Berndt-Weis M.L., Yauk C.L. Sidestream tobacco smoke is a male germ cell mutagen. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2011; 108(31): 12811–12814. <https://doi.org/10.1073/pnas.1106896108>
14. Ceyca-Contreras J.P., Castillo-Guerrero J.A., Torres-Bugarín O., García-Hernández J., Betancourt-Lozano M. Micronuclei in embryos of eight seabird species in northwestern Mexico: A biomarker of exposure to coastal pollution?. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*. 2023; 887: 503615. <https://doi.org/10.1016/j.mrgentox.2023.503615>
15. Huang Y., Roig I. Genetic control of meiosis surveillance mechanisms in mammals. *Frontiers in Cell and Developmental Biology*. 2023; 11: 1127440. <https://doi.org/10.3389/fcell.2023.1127440>
16. Kosovskiy G.Yu., Karelin T.K., Prokhorenko T.V., Streltsova E.A., Golovanova E.V. Cytogenetic characteristics of male rabbits with different reproductive capacity in the formation of a breeding group. *Agrarian Scientific Journal*. 2021; (10): 88–92 (In Russian). <https://doi.org/10.28983/asj.y2021i10pp88-92>
17. Glazko T.T., Popov D.V., Brigida A.V., Kosovsky G.Yu. Correlation between genome instability and embryo productivity in donor cows. *Veterinaria Kubani*. 2015; (6): 9–11 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/vbreid>
18. Fenech M. Micronuclei and their association with sperm abnormalities, infertility, pregnancy loss, pre-eclampsia and intrauterine growth restriction in humans. *Mutagenesis*. 2011; 26(1): 63–67. <https://doi.org/10.1093/mutage/geq084>

ABOUT THE AUTHORS

Dmitry Vladimirovich Popov¹

Candidate of Biological Sciences
popov.bio@gmail.com
<https://orcid.org/number/0000-0001-7422-5470>

Tatyana Teodorovna Glazko¹

Doctor of Agricultural Sciences, Professor
<https://orcid.org/0000-0002-3879-6935>

Valery Ivanovich Glazko¹

Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences (foreign member)
<https://orcid.org/0000-0002-8566-8717>

Elena Evgenievna Larina²

Candidate of Agricultural Sciences
<https://orcid.org/0000-0002-4734-5773>

Evgenia Sergeevna Sedletskaia³

Candidate of Veterinary Sciences
<https://orcid.org/0000-0002-4798-8971>

Gleb Yurievich Kosovsky¹

Doctor of Biological Sciences, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences
<https://orcid.org/0000-0003-3808-3086>

¹Scientific Research Institute of Fur Farming and rabbit breeding named after V.A. Afanasyev
6 Trudovaya Str., Rodniki village, Ramensky district, Moscow region, 140143, Russia

²Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology — MBA named after K.I. Scriabin, 23 Academician Scriabin Str., Moscow, 109472, Russia

³Russian State Agrarian University — Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, 49 Timiryazevskaya Str., Moscow, 127550, Russia

УДК: 631.417.2:631.51.01

Научная статья

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-378-1-92-96

Е.В. Дубовик

Д.В. Дубовик ✉

Курский федеральный аграрный научный
центр, Курск, Россия

✉ dubovikdm@yandex.ru

Поступила в редакцию:
26.09.2023Одобрена после рецензирования:
26.12.2023Принята к публикации:
10.01.2024

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-378-1-92-96

Elena V. Dubovik

Dmitriy V. Dubovik ✉

Federal Agricultural Kursk Research Center,
Kursk, Russia

✉ dubovikdm@yandex.ru

Received by the editorial office:
26.09.2023Accepted in revised:
26.12.2023Accepted for publication:
10.01.2024

Изменение гумусного состояния чернозема типичного при различных способах обработки почвы

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Статья посвящена влиянию различных способов обработки почвы на гумусное состояние чернозема типичного (*Haplic Chernozems*).

Методы. Варианты обработки почвы: вспашка с оборотом пласта (20–22 см), комбинированная обработка (дискование 8–10 см + чизель 20–22 см), поверхностная обработка (дискование) до 8 см, прямой посев. Объектом исследования являлся чернозем типичный мощный тяжелосуглинистый.

Результаты. По результатам группового и фракционного состава гумуса чернозема типичного (независимо от способа обработки и изучаемого слоя почвы) были установлены, следующие закономерности: преобладание группы гуминовых кислот (ГК — 45–55% от органического углерода ($C_{орг}$), высокая доля гуминовых кислот, связанных с кальцием (ГК-2 — 29–41% от $C_{орг}$), низкое содержание негидролизуемого остатка (НО — 29–36% от $C_{орг}$), гуматный тип гумуса ($C_{гк}:C_{фк} > 2$), очень высокая степень гумификации органического вещества ($>4,5$). С увеличением глубины пахотного слоя (независимо от способа обработки почвы) отмечаются рост $C_{гк}$, $C_{гк-2}$ и снижение углерода гуминовых кислот, свободных и связанных с подвижными полуторными $R_2O_3(C_{гк-1})$, углерода гуминовых кислот, связанных с устойчивыми R_2O_3 ($C_{гк-3}$), и углерода фульвокислот ($C_{фк}$). В слое 0–20 см отмечается преобладание $S_{гк-1}$ (5,5%), и их содержание снижается в зависимости от способа обработки почвы в ряду «комбинированная (5,08%) → поверхностная обработка → прямой посев (4,91)». При применении крайней степени минимизации (прямого посева) в слое 0–20 см по отношению к другим способам обработки почвы отмечается наибольшее количество $C_{гк-2}$. Содержание $C_{гк-3}$ и $C_{фк}$ было наибольшим при поверхностной и комбинированной обработке.

Ключевые слова: чернозем типичный (*Haplic Chernozems*), способы обработки почвы, органический углерод, фракционно-групповой состав гумуса

Для цитирования: Дубовик Е.В., Дубовик Д.В. Изменение гумусного состояния чернозема типичного при различных способах обработки почвы. *Аграрная наука*. 2024; 378(1): 92–96. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-378-1-92-96>

© Дубовик Е.В., Дубовик Д.В.

Change in the humus state of typical chernozem with various methods of tillage

ABSTRACT

Relevance. The article is devoted to the influence of various methods of tillage on the humus state of typical chernozem (*Haplic Chernozems*).

Methods. Tillage options: plowing with a formation turnover (20–22 cm); combined processing (disking 8–10 cm + chisel 20–22 cm); surface treatment (disking) up to 8 cm; direct sowing. The object of the study was a typical powerful heavy loamy chernozem.

Results. According to the results of the group and fractional composition of typical chernozem humus (regardless of the method of processing and the studied soil layer), the following patterns were established: the predominance of a group of humic acids (HA — 45–55% of organic carbon ($S_{орг}$), a high proportion of humic acids associated with calcium (HA-2 — 29–41% of $S_{орг}$), low content of non-hydrolyzable residue (NO — 29–36% of $S_{орг}$), humate type of humus ($S_{гк}:S_{фк} > 2$), a very high degree of humification of organic matter (>4.5). With an increase in the depth of the arable layer (regardless of the method of tillage), there is an increase in $S_{гк}$, $S_{гк-2}$ and a decrease in carbon of humic acids free and associated with mobile one-and-a-half R_2O_3 ($S_{гк-1}$), carbon of humic acids associated with stable R_2O_3 ($S_{гк-3}$), and carbon of fulvic acids ($S_{фк}$). In the 0–20 cm layer, the predominance of $S_{гк-1}$ (5.5%) is noted, and their content decreases depending on the method of tillage in the series “combined (5.08%) → surface treatment → direct sowing (4.91)”. When applying an extreme degree of minimization (direct sowing) in a layer of 0–20 cm in relation to other methods of tillage, the largest amount of $S_{гк-2}$ is noted. The content of $S_{гк-3}$ and $S_{фк}$ was highest with surface and combined treatment.

Key words: typical chernozem (*Haplic Chernozems*), methods of tillage, organic carbon, fractional and group composition of humus

For citation: Dubovik E.V., Dubovik D.V. Change in the humus state of typical chernozem with various methods of tillage. *Agrarian science*. 2024; 378(1): 92–96 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-378-1-92-96>

©Dubovik E.V., Dubovik D.V.

Введение/Introduction

В земледелии применение современных технологий возделывания сельскохозяйственных культур нацелено на получение высоких урожаев. Один из элементов технологии — способы обработки почвы, которые приводят к трансформации показателей, характеризующих плодородие почвы [1, 2]. При этом происходит изменение основного показателя почвенного плодородия — содержания органического вещества¹ [3].

В пахотных черноземах отмечается снижение количества гумуса — от 20 до 50% от исходного состояния [4], в связи с чем в последнее время в земледелии прослеживается тенденция на расширение применения минимальных способов обработки почвы, среди которых определенное место отводится крайней степени минимизации — прямому посеву [5, 6]. Технология прямого посева предусматривает сохранение стерни на поверхности почвы, а со временем и образование мульчирующего слоя, что способствует поддержанию влаги в почве, накоплению органического вещества в пахотных почвах [7], поддерживается азотный режим [8], способствует повышению доли микробной биомассы до 30% [9]. В целом такие способы обработки почвы позиционируются как пути увеличения консервации (сохранение) органического вещества в почве [10].

Для оценки последствий применения различных способов обработки почвы рассматриваются содержание и распределение подвижного органического вещества [11–13], но при этом мало кто изучает изменение фракционно-группового состава гумуса.

Цель работы — изучение влияния различных способов обработки почвы на гумусное состояние чернозема типичного посредством анализа изменения группового и фракционного состава органического вещества под посевами ячменя.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследования проведены в полевом стационарном опыте ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр» (Курская обл., Курский р-н, пос. Черемушки, 51°37'46" N; 36°15'40" E) в четырехпольном севообороте в 2020–2022 гг. (приведены средние данные за три года).

Севооборот развернут в пространстве и во времени четырьмя полями со следующим чередованием культур: горох — озимая пшеница — соя — яровой ячмень. Варианты обработки почвы: вспашка с оборотом пласта (20–22 см), комбинированная обработка (дискование 8–10 см + чизель 20–22 см), поверхностная обработка (дискование) до 8 см, прямой посев. Прямой посев осуществлялся без какой-либо обработки почвы сеялкой прямого посева «Дон 114» (производственная компания «НАИР», Россия).

Способы обработки почвы применялись систематически с 2015 г. для каждого варианта. Размещение вариантов в полевом опыте было систематическим (в один ярус).

Площадь посевной делянки — 6000 м² (60 × 100), повторность трехкратная.

В 2020 году начата вторая ротация севооборота. Изучалось изменение гумусного состояния почвы под посевами ячменя. Ячмень возделывался по

общепринятой для региона технологии и по вариантам не различался, за исключением способов основной обработки почвы. Сортовой ячмень — Суздалец, районированный по Курской области, одним из оригинаторов которого является Курский ФАНЦ. При этом особое внимание уделялось технологии прямого посева. Было учтено, что данная технология начинает действовать не ранее 4-го года систематического применения¹.

Объектом исследования являлся чернозем типичный мощный тяжелосуглинистый (*Haplic Chernozems*). В пахотном слое (среднее) содержание гумуса — 5,1%, щелочно-гидролизующего азота — 15,4 мг / 100 г почвы, подвижного фосфора и калия (по Чирикову) — 20,1 и 13,1 мг / 100 г почвы соответственно. Реакция почвенной среды — слабокислая (рН_{KCl} 5,4).

Отбор образцов для определения фракционно-группового состава гумуса проводили после уборки ячменя (июль — август) в пятикратной повторности в слоях 0–10 см и 10–20 см, что обусловлено различной глубиной обработки чернозема типичного.

Определение органического углерода и фракционно-группового состава гумуса проводили по схеме И.В. Тюрина в модификации В.В. Пономаревой и Т.А. Плотниковой² в трехкратной повторности.

Оценку параметров гумусного состояния почвы проводили по уточненной системе показателей: обогащенность гумуса азотом (C:N), тип гумуса (C_{гк}/C_{фк}), доля «свободных» гуминовых кислот (% от суммы ГК), доля гуминовых кислот, связанных с Ca²⁺ (% от суммы ГК), доля прочно связанных с минеральной основой гуминовых кислот (% от суммы ГК), негидролизующий остаток (% от суммы ГК), показатель гумификации (ПГТ = C_{гк} × E [14]).

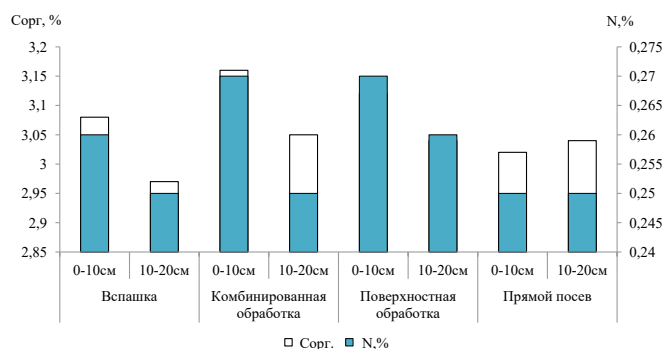
Статистическая обработка данных проведена с использованием программ Microsoft Excel, Statistica (США).

Результаты и обсуждение / Results and discussion

В результате исследований было установлено преобладание органического углерода (C_{орг}) и общего азота в слое 0–10 см по сравнению со слоем 10–20 см при проведении поверхностной и комбинированной обработки (рис. 1). При этом обогащенность гумуса азотом оценивалась как низкая (11,6–12,7) независимо от способа обработки почвы и изучаемого слоя.

Рис. 1. Содержание органического углерода и азота в черноземе типичном при возделывании ячменя при различных способах обработки почвы, %

Fig. 1. The content of total carbon and nitrogen in chernozem typical for the cultivation of barley with various methods of tillage, %



¹ Дриггер В.К. Особенности проведения научных исследований по минимизации обработки почвы и прямому посеву. Методические рекомендации. Ставрополь: Сервисшкола. 2020; 69.

² Пономарева В.В., Плотникова Т.А. Гумус и почвообразование. Л.: Наука. 1980; 221 с.

По результатам проведенного анализа группового состава гумуса чернозема типичного было установлено, что независимо от изучаемого слоя и способа обработки почвы преобладает группа гуминовых кислот (ГК), а углерод гуминовых кислот ($C_{ГК}$) в среднем составляет 45,03–54,62% от органического углерода ($C_{орг.}$) почвы (табл. 1).

Выявлено, что при комбинированной и поверхностной обработке почвы гуминовых кислот (ГК) содержалось больше в слое 10–20 см (на 6–12%), чем в слое 0–10 см. На вспашке незначительное преобладание ГК отмечено в слое 0–10 см (2%) по отношению к слою 10–20 см. При применении крайней степени минимизации (прямой посев) обработки почвы разность по слоям почвы была незначительной — 0,5%.

В группе ГК независимо от изучаемого слоя почвы и способа обработки отмечается преобладание доли ГК, связанных с кальцием (ГК-2). Доля ГК-2 в среднем составила 29,27–41,20% от $C_{орг.}$. По данному показателю гумусное состояние оценивалось как высокое (% от суммы ГК). Доля ГК-2 находится в средней и высокой прямой связи с Ca^{2+} и Mg^{2+} ($r = 0,61–0,92$). При этом в слое 10–20 см (по сравнению со слоем 0–10 см) установлена тенденция к повышению количества ГК-2 на 4% при вспашке и прямом посеве, повышение на 14–22% — при комбинированной и поверхностной обработке. Установлено, что в слое 0–10 см при прямом посеве количество ГК-2 было преобладающим (37,09%) и в зависимости от обработки почвы снижалось в ряду: вспашка (36,05%) → поверхностная обработка (32,03%) → комбинированная обработка (29,27%). В слое 10–20 см ГК-2 при поверхностной обработке содержалось больше на 6–17% по отношению к изучаемым обработкам почвы.

Содержание гуминовых кислот, связанных с глинистыми минералами и устойчивыми полуторными окислами (ГК-3), в среднем 7,5–11,0% от Сорг (табл. 1). При этом на вариантах с применением комбинированной и поверхностной обработки почвы в слое 0–10 см содержание ГК-3 оценивалось как высокое (22–23% от суммы ГК), на вариантах с применением вспашки и прямого посева — как среднее (17–18% от суммы ГК), в слое 10–20 см (независимо от способа обработки почвы) — как среднее (15–19% от суммы ГК).

Содержание фракции гуминовых кислот, свободных и связанных с подвижными полуторными окислами (ГК-1), составляло 4,48–5,84% от Сорг. и оценивалось как очень низкое (<20% от суммы гуминовых кислот) [14]. Вместе с этим независимо от способа обработки почвы в слое 10–20 см ГК-1 содержалось существенно меньше ($HCP_{05} = 0,35$) по отношению к слою 0–10 см — на 6–16%. Количество ГК-1 независимо от изучаемого слоя при применении вспашки было на 9–13% выше, чем при минимизации обработки почвы.

Углерод группы фульвокислот ($C_{фк}$) в черноземе типичном в среднем составил 14,54–22,75%. При этом было установлено, что $C_{фк}$ в слое 0–10 см содержалось больше, чем в слое 10–20 см, при комбинированной и поверхностной обработке (на 22–36% соответственно). На вспашке и при применении прямого посева изменение количества $C_{фк}$ по изучаемым слоям было несущественным и не превышало 1,0–2,0%.

Содержание негидролизуемого остатка (НО) гумуса (независимо от способа обработки почвы и изучаемого слоя) оценивалось как низкое (<40%) [14]. При этом наименьшая существенная разность содержания НО при различных способах обработки почвы была существенной (2,78%) при уровне вероятности $p = 0,95$.

Таблица 1. Групповой и фракционный состав гумуса при различных способах обработки чернозема типичного при возделывании ячменя

Table 1. The group and fractional composition of humus in various methods of processing chernozem typical in the cultivation of barley

Показатели	Вспашка	Комбинированная обработка	Поверхностная обработка	Прямой посев
$C_{орг.}$, %	3,08 2,97	3,16 3,05	3,12 3,04	3,02 3,04
$C_{ГК}$	51,3 50,3	45,0 48,1	47,9 54,6	50,9 51,2
$C_{ГК}$ свободных и связанных с подвижными полуторными R_2O_3	5,84 5,15	5,24 4,92	5,24 4,59	5,33 4,48
$C_{ГК}$ связанных с Ca^{2+}	36,1 37,6	29,3 34,1	32,0 41,2	37,1 38,8
$C_{ГК}$ связанных с устойчивыми R_2O_3	9,4 7,5	10,5 9,1	10,7 8,8	8,5 7,9
$C_{фк}$	17,1 16,9	20,9 16,1	22,8 14,6	15,0 15,7
Негидролизуемый остаток	31,62 32,88	34,04 35,75	29,26 30,84	34,06 33,13
$C_{ГК}:C_{фк}$	3,01 2,98	2,15 2,98	2,11 3,76	3,38 3,25
Относительная подвижность гумусовых веществ	0,37 0,35	0,41 0,34	0,35 0,27	0,31 0,31

Примечание: над чертой — в слое 0–10 см, под чертой — в слое 10–20 см.

Так, наибольшее количество НО в слое 0–20 см было установлено при комбинированной обработке (34,90%), и в зависимости от обработки почвы его содержание снижалось в ряду: прямой посев (33,59%) → вспашка (32,25%) → поверхностная обработка (30,05%).

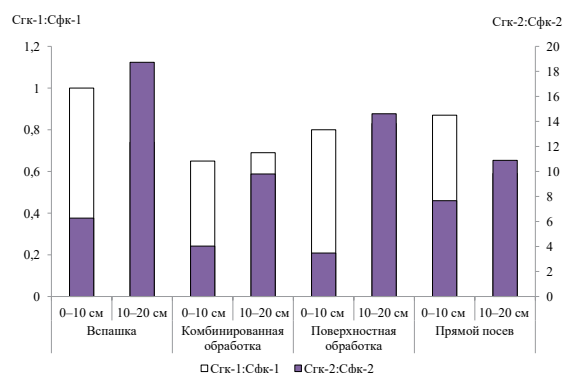
В черноземе типичном (независимо от способа обработки и изучаемого слоя) тип гумуса характеризовался как гуматный ($C_{ГК}:C_{фк} > 2$) [14].

Выявлено расширение соотношения $C_{ГК}:C_{фк}$ при комбинированной и поверхностной обработке почвы в слое 10–20 см (по сравнению со слоем 0–10 см) в 1,4–1,8 раза. Такое изменение соотношения $C_{ГК}:C_{фк}$ обусловлено ростом гуминовых кислот при минимизации обработки почвы. При вспашке и прямом посеве отмечается тенденция к снижению соотношения $C_{ГК}:C_{фк}$ с глубиной изучаемого слоя (на 1–4%), что говорит о незначительных изменениях в содержании ГК.

Рассматривая изменения интенсивности процесса новообразования гуминовых кислот по соотношению $C_{ГК}:C_{фк}$ в зависимости от глубины изучаемого слоя и способа обработки почвы (рис. 2), была выявлена активизация данного процесса при применении комбинированной и поверхностной обработки в слое 10–20 см (на 4–6%) по сравнению с верхним слоем. При вспашке

Рис. 2. Влияние способа обработки почвы на показатели гумификации органического вещества

Fig. 2. The influence of the method of tillage on the indicators of humification of organic matter



и прямом посеве интенсивность процесса новообразования гуминовых кислот, свободных и связанных с подвижными полутвердыми R_2O_3 , снижалась с глубиной изучаемого слоя (на 26–32%).

Анализ «второго этапа» процесса гумификации по соотношению $C_{гк-2}:C_{фк-2}$ показал его активизацию в слое 10–20 см (по сравнению со слоем 0–10 см) при всех способах обработки почвы (в 1,4–4,2 раза). Это обусловлено усилением процесса полимеризации гумусовых структур, которые и характеризуют данное соотношение. При этом в почве под вспашкой оптическая плотность ГК-2 ($E_{C_{гк}}$ мг/мл) была наибольшей — 0,35–0,37, а при минимизации обработки почвы — 0,21–0,24.

Показатель относительной подвижности гумусовых веществ (Пг) в слое 0–10 см был выше, чем в слое 10–20 см, при применении комбинированной и поверхностной обработки (на 17–23%). На вспашке отмечается лишь небольшая тенденция (5%), а при прямом посеве изменение данного показателя по слоям не различалось. Это свидетельствует о более быстром переходе гуминовых кислот первой фракции во вторую при комбинированной и поверхностной обработке.

Степень гумификации органического вещества с учетом оптической плотности гуминовых кислот (независимо от способа обработки почвы и изучаемого слоя) оценивалась как очень высокая (>4,5). Вместе с этим отмечается снижение степени гумификации с глубиной изучаемого слоя — на 7–11%. При применении вспашки в слое 0–20 см данный показатель гумусного состояния в среднем был выше (в 1,6–1,8 раза) по сравнению с минимизацией обработки почвы.

Выводы/Conclusion

Таким образом, независимо от способа обработки и изучаемого слоя почвы в черноземе типичном были установлены: преобладание группы гуминовых кислот (ГК — 45–55% от $C_{орг-1}$); высокая доля гуминовых кислот, связанных с кальцием (ГК-2 — 29–41% от $C_{орг-1}$); низкое содержание негидролизуемого остатка (НО — 29–36% от $C_{орг-1}$); гуматный тип гумуса ($C_{гк}:C_{фк} > 2$); очень высокая степень гумификации органического вещества (>4,5). С увеличением глубины пахотного слоя (независимо от способа обработки почвы) отмечается рост $C_{гк}$, $C_{гк-2}$, а также снижение $C_{гк-1}$, $C_{гк-3}$ и $C_{фк}$.

Установлено, что интенсивность процесса новообразования гуминовых кислот по соотношению $C_{гк-1}:C_{фк-1}$ определялась глубиной изучаемого слоя и способом обработки.

Анализ «второго этапа» процесса гумификации по соотношению $C_{гк-2}:C_{фк-2}$ (независимо от способа обработки) показал его активизацию в слое 10–20 см по сравнению со слоем 0–10 см, что было, вероятно, обусловлено усилением процесса полимеризации гумусовых структур, которые и характеризуют данное соотношение. При этом степень гумификации органического вещества с учетом оптической плотности гуминовых кислот (независимо от способа обработки почвы и изучаемого слоя) оценивалась как очень высокая (>4,5), что говорит о степени превращения органических остатков в гумусовые вещества и процессе «химического созревания» и формировании таковых.

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные.

Все авторы внесли равный вклад в работу.

Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат.

Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

All authors made an equal contribution to the work.

The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism.

The authors declare no conflict of interest.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Материалы подготовлены при поддержке Минобрнауки РФ в рамках государственного задания Федерального государственного бюджетного научного учреждения Курского федерального аграрного научного центра (тема № FGZU-2019-0002).

FUNDING

The materials were prepared with the support of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation within the framework of the state assignment of the Federal State Budgetary Scientific Institution of the Kursk Federal Agrarian Scientific Center (topic No. FGZU-2019-0002).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мокриков Г.В., Минникова Т.В., Мясникова М.А., Казеев К.Ш., Колесников С.И. Изменение содержания и состава органического вещества черноземов Приазовья при использовании технологии прямого посева. *Агрохимия*. 2020; (1): 18–24. <https://doi.org/10.31857/S0002188120010093>
2. Байбеков Р.Ф. Природоподобные технологии — основа стабильного развития земледелия. *Земледелие*. 2018; (2): 5–8. <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2018-10201>
3. Martinez I. et al. Two decades of no-till in the Oberacker long-term field experiment: Part I. Crop yield, soil organic carbon and nutrient distribution in the soil profile. *Soil and Tillage Research*. 2016; 163: 141–145. <https://doi.org/10.1016/j.still.2016.05.021>
4. Дедов А.А., Несмеянова М.А., Дедов А.В. Влияние приемов биологизации земледелия и способов обработки почвы на содержание органического вещества в черноземе типичном и продуктивность севооборотов. *Агрохимия*. 2017; (9): 25–32. <https://doi.org/10.7868/S0002188117090022>
5. Шарков И.Н., Самохвалова Л.М., Мишина П.В. Изменение органического вещества чернозема выщелоченного при минимизации обработки в лесостепи Западной Сибири. *Почвоведение*. 2016; 49(7): 824–830. <https://doi.org/10.7868/S0032180X16070091>
6. Soane B.D., Ball B.C., Arvidsson J., Basch G., Moreno F., Roger-Estrade J. No-till in northern, western and south-western Europe: A review of problems and opportunities for crop production and the environment. *Soil and Tillage Research*. 2012; 118: 66–87. <https://doi.org/10.1016/j.still.2011.10.015>
7. Huang G.B. et al. Effects of Stubble Management on Soil Fertility and Crop Yield of Rainfed Area in Western Loess Plateau, China. *Applied and Environmental Soil Science*. 2012; 2012: 256312. <https://doi.org/10.1155/2012/256312>
8. Гамзиков Г.П., Сулейменов С.З. Азотминерализующая способность серой лесной почвы Новосибирского Приобья при компостировании и паровании растительных остатков. *Почвоведение*. 2021; (5): 582–591. <https://doi.org/10.31857/S0032180X21050087>

REFERENCES

1. Mokrikov G.V., Vinnikova T.V., Myasnikova M.A., Kazeev K.Sh., Kolesnikov S.I. Changes in the content and composition of organic matter of chernozems of the Azov region with the use of direct seeding technology. *Agrokhimiya*. 2020; (1): 18–24 (In Russian). <https://doi.org/10.31857/S0002188120010093>
2. Baibekov R.F. Nature-like technologies is the basis for sustainable development of agriculture. *Zemledelie*. 2018; (2): 5–8 (In Russian). <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2018-10201>
3. Martinez I. et al. Two decades of no-till in the Oberacker long-term field experiment: Part I. Crop yield, soil organic carbon and nutrient distribution in the soil profile. *Soil and Tillage Research*. 2016; 163: 141–145. <https://doi.org/10.1016/j.still.2016.05.021>
4. Dedov A.A., Nesmeyanova M.A., Dedov A.V. Impact of biologization practices in agriculture and soil tillage on soil organic matter content and productivity of crop rotations in typical chernozem. *Agrokhimiya*. 2017; (9): 25–32 (In Russian). <https://doi.org/10.7868/S0002188117090022>
5. Sharkov I.N., Samokhvalova L.M., Mishina P.V. Transformation of soil organic matter in leached chernozems under minimized treatment in the forest-steppe of West Siberia. *Eurasian Soil Science*. 2016; 49(7): 824–830. <https://doi.org/10.1134/S1064229316070097>
6. Soane B.D., Ball B.C., Arvidsson J., Basch G., Moreno F., Roger-Estrade J. No-till in northern, western and south-western Europe: A review of problems and opportunities for crop production and the environment. *Soil and Tillage Research*. 2012; 118: 66–87. <https://doi.org/10.1016/j.still.2011.10.015>
7. Huang G.B. et al. Effects of Stubble Management on Soil Fertility and Crop Yield of Rainfed Area in Western Loess Plateau, China. *Applied and Environmental Soil Science*. 2012; 2012: 256312. <https://doi.org/10.1155/2012/256312>
8. Gamzikov G.P., Suleimenov S.Z. Nitrogen Mineralization Capacity of Gray Forest Soil of the Novosibirsk Ob River Region during Composting and Fallowing of Plant Residues. *Eurasian Soil Science*. 2021; 54(5): 729–737. <https://doi.org/10.1134/S1064229321050082>

9. Jha P., Hati K.M., Dalal R.C., Dang Y.P., Kopittke P.M., Menzies N.W. Soil carbon and nitrogen dynamics in a Vertisol following 50 years of no-tillage, crop stubble retention and nitrogen fertilization. *Geoderma*. 2020; 358: 113996. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2019.113996>

10. Шарков И.Н., Самохвалова Л.М., Мишина П.В., Шепелев А.Г. Влияние пожнивных остатков на состав органического вещества чернозема выщелоченного в лесостепи Западной Сибири. *Почвоведение*. 2014; (4): 473–479. <https://doi.org/10.7868/S0032180X1404008X>

11. Медведева А.М., Бирюкова О.А., Ильченко Я.И., Кучеренко А.В., Кучменко Е.В. Содержание и запас гумуса в черноземе обыкновенном при использовании различных систем основной обработки. *Успехи современного естествознания*. 2018; (1): 29–34. <https://www.elibrary.ru/yodeka>

12. Saviozzi A., Vanni G., Cardelli R. Carbon mineralization kinetics in soils under urban environment. *Applied Soil Ecology*. 2014; 73: 64–69. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2013.08.007>

13. Blair G.J., Lefroy R.D.B., Lisle L. Soil carbon fractions based on their degree of oxidation, and the development of a carbon management index for agricultural systems. *Australian Journal of Agricultural Research*. 1995; 46(7): 1459–1466. <https://doi.org/10.1071/AR9951459>

14. Орлов Д.С., Бирюкова О.Н., Розанова М.С. Дополнительные показатели гумусного состояния почв и их генетических горизонтов. *Почвоведение*. 2004; (8): 918–926. <https://www.elibrary.ru/owplcp>

9. Jha P., Hati K.M., Dalal R.C., Dang Y.P., Kopittke P.M., Menzies N.W. Soil carbon and nitrogen dynamics in a Vertisol following 50 years of no-tillage, crop stubble retention and nitrogen fertilization. *Geoderma*. 2020; 358: 113996. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2019.113996>

10. Sharkov I.N., Samokhvalova L.M., Mishina P.V., Shepelev A.G. Effect of crop residues on the organic matter composition of a leached chernozem in the Western Siberian forest-steppe. *Eurasian Soil Science*. 2014; 47(4): 304–309. <https://doi.org/10.1134/S1064229314040085>

11. Medvedeva A.M., Biryukova O.A., Ilchenko Ya.I., Kucherenko A.V., Kuchmenko E.V. The content and stock of humus in ordinary chernozem when using various basic processing systems. *The successes of modern natural science*. 2018; (1): 29–34 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/yodeka>

12. Saviozzi A., Vanni G., Cardelli R. Carbon mineralization kinetics in soils under urban environment. *Applied Soil Ecology*. 2014; 73: 64–69. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2013.08.007>

13. Blair G.J., Lefroy R.D.B., Lisle L. Soil carbon fractions based on their degree of oxidation, and the development of a carbon management index for agricultural systems. *Australian Journal of Agricultural Research*. 1995; 46(7): 1459–1466. <https://doi.org/10.1071/AR9951459>

14. Orlov D.S., Biryukova O.N., Rozanova M.S. Revised system of the humus status parameters of soils and their genetic horizons. *Eurasian Soil Science*. 2004; 37(8): 798–805. <https://www.elibrary.ru/likcoj>

ОБ АВТОРАХ

Елена Валентиновна Дубовик

доктор биологических наук
dubovikev@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0001-5999-9718>

Дмитрий Вячеславович Дубовик

доктор сельскохозяйственных наук, профессор РАН
dubovikdm@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1585-6990>

Курский федеральный аграрный научный центр,
ул. Карла Маркса, 70Б, Курск, 305021, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Elena Valentinovna Dubovik

Doctor of Biological Sciences
dubovikev@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0001-5999-9718>

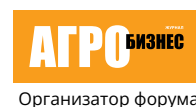
Dmitry Vyacheslavovich Dubovik

Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Russian Academy of Sciences
dubovikdm@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1585-6990>

Federal Agricultural Kursk Research Center,
70B Karl Marx Str., Kursk, 305021, Russia



VIII СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЙ ФОРУМ ЗЕРНО РОССИИ — 2024 21–22 ФЕВРАЛЯ 2024 г. / СОЧИ



ОСНОВНЫЕ ТЕМЫ

- Экспорт зерна и продуктов его переработки
- Качество зерна. Технологии улучшения и повышения урожайности
- Развитие транспортной инфраструктуры — условия и тарифы
- Инфраструктура зернового комплекса — строительство элеваторов, портов
- Круглый стол «Органическое земледелие и выращивание зерновых»
- Обзор российского зернового рынка
- Новые технологии в системе выращивания зерновых
- Сельхозтехника для посева и уборки зерновых
- Проблемы и пути реализации зерна

АУДИТОРИЯ ФОРУМА

Руководители ведущих агрохолдингов и сельхозорганизаций, производители зерна, предприятия по переработке и хранению зерна, операторы рынка зерна, трейдеры, ведущие эксперты зернового рынка, финансовые, инвестиционные компании и банки.

По вопросам выступления и спонсорства:
+7 (988) 248-47-17

По вопросам делегатского участия:
+7 (909) 450-36-10
+7 (960) 476-53-39

events@agbz.ru

Регистрация на сайте:
events.agbz.ru



Реклама. ИП Кочергин Е.В., ИНН 23129538982, ОГРН ИТ 3122312000019

УДК: [630*114.354+631.4]:574

Научная статья

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-378-1-97-101

К.Г. Гиниятуллин ✉
И.А. Сахабиев
Р.В. Окунев
Р.Г. Кадырова
Л.Ю. Рыжих

Казанский (Приволжский) федеральный
университет, Казань, Россия

✉ ginijatullin@mail.ru

Поступила в редакцию:
25.07.2023

Одобрена после рецензирования:
26.12.2023

Принята к публикации:
10.01.2024

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-378-1-97-101

Kamil G. Ginijatullin ✉
Il'nas A. Sakhabiev
Rodion V. Okunev
Rezeda G. Kadyrova
Lyudmila Yu. Ryzhikh

Kazan (Volga region) Federal University,
Kazan, Russia

✉ ginijatullin@mail.ru

Received by the editorial office:
25.07.2023

Accepted in revised:
26.12.2023

Accepted for publication:
10.01.2024

Изучение в длительном лабораторном эксперименте потенциальной подверженности минерализации органического вещества постагрогенных светло-серых почв

РЕЗЮМЕ

Актуальность. С 2021 года в России начаты работы по оценке плодородия неиспользуемой пашни и ее вовлечению в сельскохозяйственный оборот. Изменение системы земледелия постагрогенных почв может привести к неконтролируемой минерализации новообразованного под залежной растительностью почвенного органического вещества (ПОВ) и значительной эмиссии CO₂ в атмосферу. Исследования характера накопления ПОВ под залежной растительностью и оценки его потенциальной подверженности минерализации являются актуальными, поскольку могут стать основой для разработки агротехнических приемов возвращения неиспользуемых земель в пахотный оборот с максимальным сохранением их плодородия.

Методы. В длительном лабораторном инкубационном эксперименте изучали динамику изменения показателей интенсивности базального и субстрат-индуцированного дыхания постагрогенных почв для оценки потенциальной подверженности минерализации ПОВ при изменении системы землепользования. Использовали послойные образцы (0–10 и 10–20 см) из старопашотных горизонтов двух залежных участков с различным гумусным состоянием. Проводили сопоставление результатов инкубационного эксперимента с результатами оценки количественного содержания и качественного состава ПОВ.

Результаты. В слое 0–10 см показатели интенсивности дыхания выше, чем в слое 10–20 см. Результаты оценки интенсивности дыхания согласуются с оценкой качественного состава ПОВ. Накопление ПОВ происходит преимущественно в верхней части постагрогенных почв за счет подвижных легкоокисляемых органических соединений фульватной природы. При разработке агротехнических приемов возвращения залежных земель в пахотный оборот необходимо ориентироваться прежде всего на технологии основной обработки, обеспечивающие максимальное сохранение накопленного в верхнем слое потенциально легкоминерализуемого ПОВ.

Ключевые слова: постагрогенные почвы, лабораторный инкубационный эксперимент, базальное дыхание почв, субстрат-индуцированное дыхание, минерализация органического вещества

Для цитирования: Гиниятуллин К.Г., Сахабиев И.А., Окунев Р.В., Кадырова Р.Г., Рыжих Л.Ю. Изучение в длительном лабораторном инкубационном эксперименте потенциальной подверженности минерализации органического вещества постагрогенных светло-серых почв. *Аграрная наука*. 2024; 378(1): 97–101. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-378-1-97-101>

© Гиниятуллин К.Г., Сахабиев И.А., Окунев Р.В., Кадырова Р.Г., Рыжих Л.Ю.

Study in a long-term laboratory experiment of the potential susceptibility to mineralization of organic matter in post-agrogenic light gray soils

ABSTRACT

Relevance. Since 2021, work has begun in Russia to assess the fertility of unused arable land and its involvement in agricultural circulation. Changes in the farming system of post-agrogenic soils can lead to uncontrolled mineralization of newly formed soil organic matter (SOM) under fallow vegetation and significant CO₂ emissions into the atmosphere. Studies of the nature of SOM accumulation under fallow vegetation and assessment of its potential susceptibility to mineralization are relevant, since they can become the basis for the development of agrotechnical methods for returning unused lands to arable circulation with the maximum preservation of their fertility.

Methods. In a long-term laboratory incubation experiment, we studied the dynamics of changes in the intensity of basal (BR) and substrate-induced respiration (SIR) in postagrogenic soils to assess the potential susceptibility to SOM mineralization with a change in land use. Layered samples (0–10 and 10–20 cm) were used from the old arable horizons of two fallow plots with different humus conditions. The results of the incubation experiment were compared with the results of assessing the quantitative content and qualitative composition of SOM.

Results. In the 0–10 cm layer, the respiration rates are higher than in the 10–20 cm layer. The results of the assessment of the respiration intensity are consistent with the assessment of the qualitative composition of SOM. The accumulation of SOM occurs mainly in the upper part of postagrogenic soils due to mobile easily oxidized organic compounds of a fulvic nature. When developing agrotechnical methods for returning fallow lands to arable circulation, it is necessary to focus primarily on basic processing technologies that ensure maximum preservation of potentially easily mineralized material accumulated in the upper layer.

Key words: postagrogenic soils, laboratory incubation experiment, basal soil respiration, substrate-induced soil respiration, mineralization of organic matter

For citation: Ginijatullin K.G., Sakhabiev I.A., Okunev R.V., Kadyrova R.G., Ryzhikh L.Yu. Study in a long-term laboratory incubation experiment of the potential susceptibility to mineralization of organic matter in post-agrogenic light gray soils. *Agrarian science*. 2024; 378(1): 97–101 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-378-1-97-101>

© Ginijatullin K.G., Sakhabiev I.A., Okunev R.V., Kadyrova R.G., Ryzhikh L.Yu.

Введение/Introduction

В соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации¹ 2021 года была разработана Программа эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации. Программа, направленная на обеспечение продовольственной безопасности страны, предусматривает проведение комплекса мероприятий, обеспечивающих восстановление плодородия почв и предотвращение сокращения площадей земель сельскохозяйственного назначения. В соответствии с данным документом (в редакции на 18 января 2023 года) к концу 2025 года должна быть дана оценка состояния плодородия 8,9 млн га неиспользуемой пашни и вовлечено к концу 2030 г. в оборот 5 млн га выбывших из оборота сельскохозяйственных угодий.

По состоянию на 1 января 2021 года неиспользуемые залежные земли оцениваются в программе в 19,4 млн га пашни — это 5,1% к общей площади земель сельскохозяйственного назначения в России. По другим данным, площадь залежей в России уже к 2008–2015 гг. оценивалась в 34–45 млн га [1–4], хотя в последнее время в некоторых регионах наблюдается устойчивая тенденция к сокращению доли залежных земель в общей площади сельскохозяйственных угодий [5]. Вполне ожидаемо, что масштабные работы по изучению состояния залежных земель и возвращению их в сельскохозяйственный оборот будут продолжены и после 2030 года.

Вместе с тем залежные земли России являются важной составляющей баланса углерода в системе «почва — растительный покров — атмосфера» [1, 6–8]. Считается, что общий дополнительный сток углерода на заброшенных пахотных землях может составлять до 155 ± 27 Мт С в год, что покрывает до 36% выбросов углекислого газа в атмосферу от сжигания ископаемого топлива [4].

Накопление новообразованного органического вещества (ОВ) под залежной растительностью происходит в основном за счет легкоминерализуемых органических соединений [9], но при возвращении залежных земель в пахотный оборот существенная часть этого ОВ может вернуться в атмосферу, что представляет достаточно серьезные глобальные экологические риски [10].

Глубокое изучение качественного состава ОВ, накопленного в постагрогенных почвах, и оценка его потенциальной подверженности минерализации являются, безусловно, актуальной задачей.

Результаты подобных исследований в будущем могут стать основой для разработки агротехнических приемов возвращения залежных почв в пахотный оборот с обеспечением минимальной минерализации новообразованного ОВ и максимального сохранения исходного плодородия постагрогенных земель.

Цели работы — в длительном лабораторном инкубационном эксперименте с образцами старопахотных горизонтов изучить по показателям почвенного дыхания потенциальную подверженность ОВ залежных почв минерализации и дать оценку влияния на данный процесс количественного содержания и качественного состава ПОВ.

Материалы и методы исследований / Materials and methods

Для проведения лабораторных экспериментов использовались образцы из старопахотных горизонтов светло-серой лесной почвы, находящейся под 20–25-летней залежной растительностью на территории Ботанического сада Казанского федерального университета (г. Казань, Россия).

Отбор почвенных образцов проводился в начале вегетационного периода 2022 года с глубины 0–10 и 10–20 см на двух участках массива постагрогенной почвы (площадь — 10,2 га), которые отличались по типу залежной растительности и запасам ОВ.

Участок № 1 в настоящее время находится под лиственной древесной залежной растительностью и имеет более низкий запас ОВ в старопахотном горизонте. Растительность характеризуется преобладанием молодого леса из березы повислой (*Betula pendula*) возрастом до 20 лет. Название залежного фитоценоза участка № 1 определяется как березняк землянично-осоковый.

Участок № 2 находится под травянистой залежной растительностью и характеризуется более высоким запасом ОВ в старопахотном горизонте. Для данного участка характерно доминирование разнотравного луга с преобладанием вейника наземного (*Calamagrostis epigeios* L. Roth.) и мелколепестника однолетнего (*Erigeron annuus* L. Desf.) Название фитоценоза участка — луг разнотравный, вейниково-мелколепестниковый.

В образцах проводили определение содержания органического углерода мокрым сжиганием по Тюрину ($C_{орг}$), углерода растворимого в смеси $Na_4P_2O_7 + NaOH$ ($C_{щ}$), углерода гуминовых кислот ($C_{щгк}$) и фульвокислот ($C_{щфк}$) щелочерастворимой фракции по методике Кононовой-Бельчиковой². Для определения углерода легкоокисляемого ОВ ($C_{ло}$) использовали метод ступенчатой окислительной деструкции по Хану³, основанный на частичном окислении ОВ бихроматом калия в 12 Н серной кислоте.

Все анализы проводили в трехкратной повторности.

При постановке лабораторного опыта использовали послойные образцы старопахотного горизонта — как с сохранением корневой массы (варианты опыта А), так и после удаления корней и растительных остатков (варианты опыта Б).

Схема лабораторного эксперимента представлена в таблице 1.

Таблица 1. Схема постановки лабораторного эксперимента
Table 1. Scheme of setting up a laboratory experiment

Материал старопахотного горизонта	Слой старопахотного горизонта, см	Участок отбора почвенной пробы	Варианты опыта
С корнями (А)	0–10	№ 1	1А
		№ 2	2А
	10–20	№ 1	3А
		№ 2	4А
Без корней (Б)	0–10	№ 1	1Б
		№ 2	2Б
	10–20	№ 1	3Б
		№ 2	4Б

¹ Постановление Правительства Российской Федерации от 14 мая 2021 года № 731 «О Государственной программе эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации» (с изм. на 18 января 2023 года).

² Кононова М.М., Бельчикова Н.П. Ускоренные методы определения состава гумуса. Почвоведение. 1961; 10: 75–87. EDN: KSCIQL

³ Chan K.Y., Bowman A., Oates A. Oxidizable organic carbon fractions and soil quality changes in an oxic Paleustalf under different pasture leys. Soil Sci. 2001; 166: 61–67. <https://doi.org/10.1097/00010694-200101000-00009>

Емкости с почвой весом 500 г доводились до 60% от ПВ и хранились в герметичном гидростате над влажным песком. Периодически (1–2 раза в месяц) почва высушивалась при активном вентилировании при комнатной температуре до влажности, соответствующей 30% от ПВ, затем материал вновь увлажняли до 60% от ПВ. Контроль влажности проводили гравиметрически.

Периодическое высушивание почвы приводит к существенному стимулированию сапрофитной микрофлоры, участвующей в окислительной деструкции легкоразлагаемого ОВ в почвах, и к увеличению интенсивности минерализации ОВ в лабораторных инкубационных экспериментах [11]. Эксперимент длился 180 дней.

В ходе проведения инкубационного эксперимента измерялись показатели эмиссии углекислого газа из почвы — базальное дыхание (БД) и субстрат-индуцированное дыхание (СИД) почв⁴. В отличие от БД, характеризующего обилие только активной сапрофитной микрофлоры, величина СИД показывает (за счет внесения в почву доступного источника энергии — глюкозы) также состояние потенциально активной микробиоты [12].

Оценку величин БД и СИД проводили через 30, 90, 180 дней инкубации почвы, измерение выделяющегося углекислого газа — на газовом хроматографе Perkin Elmer (США), снабженном катарометром⁵.

Определение БД и СИД проводили в трехкратной повторности, оценку статистической значимости различий средних показателей количественного содержания и качественного состава ОВ между слоями 0–10 и 10–20 см старопашотного горизонта — на основе парного t -теста независимых выборок с одинаковыми или различными дисперсиями, которые оценивали по F -критерию.

Расчеты проводили в программе MS Excel (США).

Таблица 2. Содержание в послойных образцах (0–10 и 10–20 см) органического углерода (Сорг), щелочерастворимого углерода (Сщ), углерода гуминовых кислот (Сщгк) и фульвокислот (Сщфк) щелочерастворимой фракции, углерода легкоокисляемого ОВ (Сло)

Table 2. The content in layered samples (0–10 and 10–20 cm) of organic carbon (Corg), alkali-soluble carbon (Cс), carbon of humic acids (Cсгк) and fulvic acids (Cсфк) of the alkali-soluble fraction, carbon of easily oxidized OM (Cло)

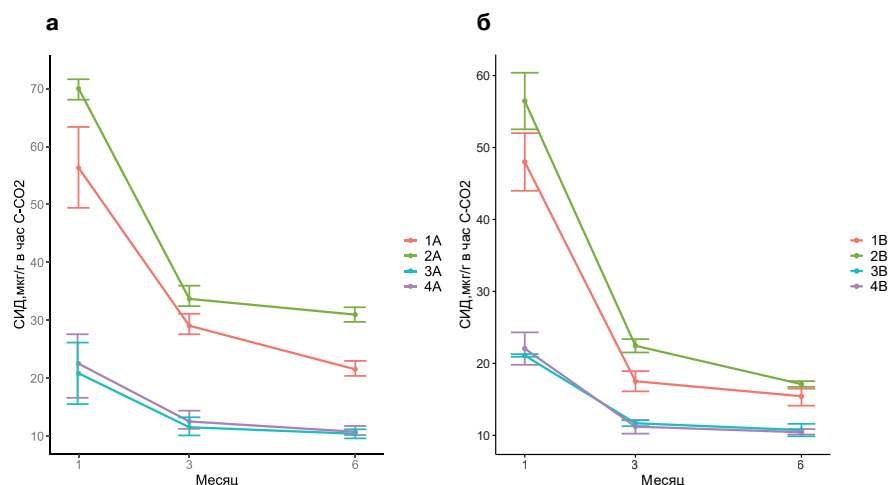
Номер участка	Варианты опыта	Слой Апах, см	C _{орг} , %	ОВ растворимое в Na ₄ P ₂ O ₇ + NaOH			C _{ло} , %
				C _щ , %	C _{щгк} , %	C _{щфк} , %	
№ 1	1А, 1Б	0–10	0,99 ± 0,03	0,57 ± 0,02	0,25 ± 0,01	0,32 ± 0,02	0,60 ± 0,02
	2А, 2Б	10–20	0,62 ± 0,03	0,38 ± 0,01	0,26 ± 0,01	0,12 ± 0,01	0,30 ± 0,01
№ 2	3А, 3Б	0–10	1,54 ± 0,03	0,69 ± 0,02	0,28 ± 0,02	0,42 ± 0,02	0,76 ± 0,02
	4А, 4Б	10–20	0,75 ± 0,02	0,41 ± 0,02	0,29 ± 0,02	0,13 ± 0,01	0,32 ± 0,02

⁴ Паников Н.С., Палева М.В., Дедыш С.Н., Дорофеев А.Г. Кинетические методы определения биомассы и активности различных групп почвенных микроорганизмов. Почвоведение. 1991; 8: 109–120.

⁵ Okunev R., Smirnova E., Giniyatullin K. Study of the effect of labile organic matter removal from pyrochars on the substrate-induced respiration. International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM. 2019; 19(3.2): 459–465. <https://doi.org/10.5593/sgem2019/3.2/S13.060>

Рис. 1. Интенсивность СИД (среднее значение и ошибка среднего) при различной длительности инкубации (1, 3 и 6 месяцев) послойных образцов старопашотного горизонта залежной светло-серой лесной почвы с сохранением (рис. 1а) и удалением (рис. 1б) корней и растительных остатков (варианты: 1А и 1Б — слой 0–10 см, участок № 1; 2А и 2Б — слой 0–10 см, участок № 2; 3А и 3Б — слой 10–20 см, участок № 1; 4А и 4Б — слой 10–20 см, участок № 2)

Fig. 1. SIR intensity (mean value and error of the mean) at different incubation durations (1, 3 and 6 months) of layered samples of the old arable horizon of the fallow light gray forest soil with the preservation (Fig. 1a) and with the removal (Fig. 1b) of roots and plant debris (options: 1A and 1B — layer 0–10 cm, section No. 1; 2A and 2B — layer 0–10 cm, section No. 2; 3A and 3B — layer 10–20 cm, section No. 1; 4A and 4B — layer 10–20 cm, section No. 2)



Результаты и обсуждение / Results and discussion

В таблице 2 представлены результаты определения количественного содержания и качественного состава ПОВ в послойных образцах старопашотного горизонта залежной светло-серой лесной почвы.

Для образцов, отобранных с участка № 1, статистически значимая разница была обнаружена по содержанию С_{орг} ($t = 9,2$ при $t_{st} = 3,2$), С_щ ($t = 12,8$ при $t_{st} = 2,8$), С_{щфк} ($t = 7,6$ при $t_{st} = 2,8$), а также содержанию С_{ло} ($t = 14,5$ при $t_{st} = 2,8$). Для образцов, отобранных с участка № 2, статистически значимая разница была обнаружена также по содержанию С_{орг} ($t = 62,1$ при $t_{st} = 3,2$), С_щ ($t = 16,6$ при $t_{st} = 2,8$), С_{щфк} ($t = 14,1$ при $t_{st} = 2,8$) и С_{ло} ($t = 18,2$ при $t_{st} = 2,8$). По содержанию С_{щгк} разница между слоями старопашотного горизонта была незначимой — как для участка № 1 ($t = 0,96$ при $t_{st} = 2,8$), так и для участка № 2 ($t = 0,40$ при $t_{st} = 2,8$).

Из анализа результатов можно сделать вывод, что накопление ОВ в старопашотных горизонтах наблюдается прежде всего в самом верхнем слое, что является вполне ожидаемым и упоминается в ряде работ [13, 14]. Накопление ОВ идет за счет низкомолекулярных подвижных органических соединений фульво-кислотной природы, потенциально подверженных окислительной деструкции.

На рисунке 1 представлены результаты определения интенсивности СИД при различной длительности инкубации с послойно отобранными образцами из старопашотных горизонтов с сохранением (рис. 1а) и удалением (рис. 1б) корней и растительных остатков.

Из анализа результатов можно сделать вывод, что при увеличении времени инкубации наблюдается тенденция снижения (в 2 раза и более) величины СИД, что можно связать с интенсивной минерализацией

и уменьшением содержания, доступного для сапрофитных микроорганизмов ОВ как в растительных остатках, так и, собственно, ПОВ. Удаление корней и растительных остатков из образцов верхнего слоя приводит в целом к уменьшению интенсивности СИД, но не столь значительному, как можно было ожидать.

Вместе с тем при более высоком содержании ПОВ и подвижных легкоокисляемых фракций ОВ (участок № 2) интенсивность СИД в образцах из верхнего слоя (0–10 см) старопашотного горизонта, то есть в вариантах опыта (2А и 2Б), заметно выше, чем в вариантах опыта (1А и 1Б), как при удалении корней и растительных остатков, так и без удаления. В образцах, отобранных из нижней части (10–20 см) старопашотного горизонта, интенсивность СИД существенно меньше (примерно в 3 раза), чем в образцах из верхнего слоя (0–10 см), и мало зависит как от наличия корней и растительных остатков, так и от содержания ПОВ.

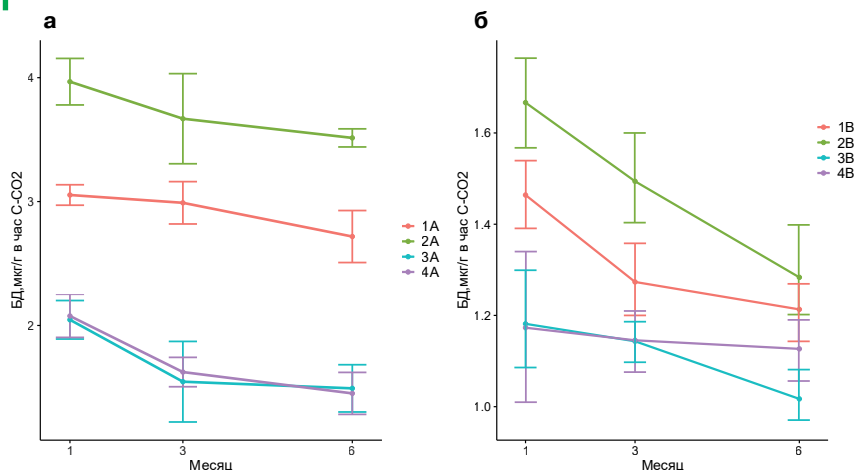
На рисунке 2 представлены результаты определения интенсивности БД при различной длительности инкубации в лабораторных опытах с послойно отобранными образцами из старопашотных горизонтов с сохранением (рис. 2а) и удалением (рис. 2б) корней и растительных остатков.

Если интенсивность БД характеризует наличие в почве непосредственно доступного для разложения сапрофитной микрофлорой ОВ, то интенсивность СИД отражает содержание в почве всего пула ОВ, потенциально доступного для минерализации на длительную перспективу [12].

Ожидаемо, что результаты определения интенсивности СИД и БД в инкубационном эксперименте хотя в целом и схожи, но имеют определенные отличия. Результаты оценки БД в модельном опыте также показывают снижение интенсивности при увеличении длительности инкубации почвы, но существенно меньше, чем СИД. Интенсивность БД материала старопашотного горизонта, отобранного из верхнего слоя (0–10 см), существенно выше, чем материала из нижнего слоя (10–20 см), однако, в отличие от СИД, интенсивность БД сильно (в разы) уменьшается при удалении из почвы корней и растительных остатков, которые, видимо, являются на начальных стадиях инкубации основным источником питания для активной сапрофитной микрофлоры. Вместе с тем в почве, отобранной из верхнего

Рис. 2. Интенсивность БД (среднее значение и ошибка среднего) при различной длительности инкубации (1, 3 и 6 месяцев) послойных образцов старопашотного горизонта залежной светло-серой лесной почвы с сохранением (рис. 2а) и удалением (рис. 2б) корней и растительных остатков (варианты: 1А и 1Б — слой 0–10 см, участок № 1; 2А и 2Б — слой 0–10 см, участок № 2; 3А и 3Б — слой 10–20 см, участок № 1; 4А и 4Б — слой 10–20 см, участок № 2)

Fig. 2. BR intensity (mean value and error of the mean) at different incubation durations (1, 3 and 6 months) of layered samples of the old arable horizon of the fallow light gray forest soil with the preservation (Fig. 2a) and with the removal (Fig. 2b) of roots and plant debris (options: 1A and 1B — layer 0–10 cm, section No. 1; 2A and 2B — layer 0–10 cm, section No. 2; 3A and 3B — layer 10–20 cm, section No. 1; 4A and 4B — layer 10–20 cm, section No. 2)



слоя старопашотного горизонта, интенсивность БД также зависит от содержания ПОВ и его подвижных окисляемых фракций.

Выводы/Conclusion

Из проведенных лабораторных экспериментов можно сделать вывод, что накопление как непосредственно доступного ОВ (определяющего показатель БД), так и потенциально доступного для минерализации почвенной микрофлорой ОВ (определяющего показатель СИД) характерно прежде всего для верхнего слоя старопашотного горизонта постагрогенных почв.

Полученные результаты оценки интенсивности СИД и БД согласуются с результатами оценки качественного состава ОВ, которые показывают, что накопление ОВ в старопашотных горизонтах происходит преимущественно в его верхней части за счет подвижных потенциально легкоокисляемых органических соединений фульватной природы.

При разработке агротехнических приемов возвращения залежных земель в пахотный оборот необходимо ориентироваться на технологии основной обработки, обеспечивающие максимальное сохранение накопленного в верхнем слое старопашотного горизонта потенциально легкоминерализуемого ПОВ. Поскольку распашка залежей, как правило, сопровождается дизагрегацией почвенного материала, что в свою очередь может приводить к усилению минерализации ОВ, то при возвращении залежных земель в оборот необходимо обращать особое внимание на обеспечение сохранения структуры почв.

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные.

Все авторы внесли равный вклад в работу.

Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат.

Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

All authors made an equal contribution to the work.

The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism.

The authors declare no conflict of interest.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект № 22-24-00242.

FUNDING

The research was carried out with the financial support of the Russian Science Foundation, project No. 22-24-00242.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Курганова И.Н., Лопес де Гереню В.О., Швиденко А.З., Сапожников П.М. Изменение общего пула органического углерода в залежных почвах России в 1990–2004 гг. *Почвоведение*. 2010; (3): 361–368. <https://elibrary.ru/lojfkz>
2. Люри Д.И., Горячкин С.В., Караваева Н.А., Денисенко Е.А., Нефедова Т.Г. Динамика сельскохозяйственных земель России в XX в. и постагрогенное восстановление растительности и почв. М.: ГЕОС. 2010; 416. ISBN 978-5-89118-500-5 <https://elibrary.ru/quqgzn>
3. Иванов А.Л. и др. Агроэкологическое состояние и перспективы использования земель, выбывших из активного сельскохозяйственного производства. М.: Росинформагротех. 2008; 64. <https://elibrary.ru/qkzlmf>
4. Kurganova I., Lopes de Gerenyu V., Kuzyakov Y. Large-scale carbon sequestration in post-agroecological ecosystems in Russia and Kazakhstan. *Catena*. 2015; 133: 461–466. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2015.06.002>
5. Некрич А.С., Люри Д.И. Изменения динамики аграрных угодий России в 1990–2014 гг. *Известия РАН. Серия: Географическая*. 2019; (3): 64–77. <https://doi.org/10.31857/S2587-55662019364-77>
6. Кудеяров В.Н. Почвенно-биогеохимические аспекты состояния земледелия в Российской Федерации *Почвоведение*. 2019; (1): 109–121. <https://doi.org/10.1134/S0032180X1901009X>
7. Kalinina O., Goryachkin S.V., Karavaeva N.A., Lyuri D.I., Giani L. Dynamics of carbon pools in post-agroecological sandy soils of southern taiga of Russia. *Carbon Balance and Management*. 2010; 5: 1. <https://doi.org/10.1186/1750-0680-5-1>
8. Когут Б.М., Семенов В.М., Артемьева З.С., Данченко Н.Н. Дегумусирование и почвенная секвестрация углерода. *Агрохимия*. 2021; (5): 3–13. <https://doi.org/10.31857/S0002188121050070>
9. Семенов В.М. и др. Экспериментальное определение активного органического вещества в некоторых почвах природных и сельскохозяйственных экосистем. *Почвоведение*. 2006; (3): 282–292. <https://elibrary.ru/htavpr>
10. Кудеяров В.Н. Современное состояние углеродного баланса и предельная способность почв к поглощению углерода на территории России. *Почвоведение*. 2015; (9): 1049–1060. <https://doi.org/10.7868/S0032180X15090087>
11. Смирнова Е.В., Окунев Р.В., Гиниятуллин К.Г. Влияние углеродных сорбентов на потенциальную способность почв к самоочищению от нефтяного загрязнения. *Георесурсы*. 2022; 24(3): 210–218. <https://doi.org/10.18599/grs.2022.3.18>
12. Blagodatskaya E., Kuzyakov Y. Active microorganisms in soil: Critical review of estimation criteria and approaches. *Soil Biology and Biochemistry*. 2013; 67: 192–211. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2013.08.024>
13. Кузнецова И.В., Тихонравова П.И., Бондарев А.Г. Изменение свойств залежных серых лесных почв. *Почвоведение*. 2009; (9): 1142–1150. <https://elibrary.ru/kwignf>
14. Kurganova I.N., Kudeyarov V.N., Lopes de Gerenyu V.O. Updated estimate of carbon balance on Russian territory. *Tellus B: Chemical and Physical Meteorology*. 2010; 62(5): 497–505. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0889.2010.00467.x>

ОБ АВТОРАХ

Камиль Гашикович Гиниятуллин

кандидат биологических наук, доцент
ginijatullin@mail.ru
<http://orcid.org/0000-0003-4102-2209>

Ильназ Алимович Сахабиев

кандидат биологических наук, доцент
ilnasssoil@yandex.ru
<http://orcid.org/0000-0003-4339-9704>

Родион Владимирович Окунев

кандидат биологических наук, доцент
<http://orcid.org/0000-0002-6927-6983>

Резеда Габдулловна Кадырова

старший преподаватель
kadrezeda@yandex.ru
<http://orcid.org/0000-0001-8157-5348>

Людмила Юрьевна Рыжих

кандидат сельскохозяйственных наук, старший преподаватель
ludarigh@mail.ru
<http://orcid.org/0000-0002-7132-5537>

Казанский (Приволжский) федеральный университет,
ул. Кремлевская, 18, Казань, 420008, Россия

REFERENCES

1. Kurganova I.N., Lopes de Gerenyu V.O., Shvidenko A.Z., Sapozhnikov P.M. Changes in the organic carbon pool of abandoned soils in Russia (1990–2004). *Eurasian Soil Science*. 2010; 43(3): 333–340. <https://doi.org/10.1134/S1064229310030129>
2. Lyuri D.I., Goryachkin S.V., Karavaeva N.A., Denisenko E.A., Nefedova T.G. Dynamics of agricultural lands in Russia in the XX century and post-agroecological restoration of vegetation and soils. Moscow: GEOS. 2010; 416 (In Russian). ISBN: 978-5-89118-500-5 <https://elibrary.ru/quqgzn>
3. Ivanov A.L. et al. Agroecological state and prospects for the use of lands that have retired from active agricultural production. Moscow: Rosinformagrotech. 2008; 64 (In Russian). <https://elibrary.ru/qkzlmf>
4. Kurganova I., Lopes de Gerenyu V., Kuzyakov Y. Large-scale carbon sequestration in post-agroecological ecosystems in Russia and Kazakhstan. *Catena*. 2015; 133: 461–466. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2015.06.002>
5. Nekrich A.S., Lyuri D.I. Changes of the dynamic of agrarian lands of Russia in 1990–2014. *Izvestiya Rossiiskoi akademii nauk. Seriya: Geograficheskaya*. 2019; (3): 64–77 (In Russian). <https://doi.org/10.31857/S2587-55662019364-77>
6. Kudeyarov V.N. Soil-Biogeochemical Aspects of Arable Farming in the Russian Federation. *Eurasian Soil Science*. 2019; 52(1): 94–104. <https://doi.org/10.1134/S1064229319010095>
7. Kalinina O., Goryachkin S.V., Karavaeva N.A., Lyuri D.I., Giani L. Dynamics of carbon pools in post-agroecological sandy soils of southern taiga of Russia. *Carbon Balance and Management*. 2010; 5: 1. <https://doi.org/10.1186/1750-0680-5-1>
8. Kogut B.M., Semenov V.M., Artemyeva Z.S., Danchenko N.N. Humus depletion and soil carbon sequestration. *Agricultural Chemistry*. 2021; (5): 3–13 (In Russian). <https://doi.org/10.31857/S0002188121050070>
9. Semenov V.M. et al. Experimental determination of the active organic matter content in some soils of natural and agricultural ecosystems. *Eurasian Soil Science*. 2006; 39(3): 251–260. <https://doi.org/10.1134/S1064229306030033>
10. Kudeyarov V.N. Current state of the carbon budget and the capacity of Russian soils for carbon sequestration. *Eurasian Soil Science*. 2015; 48(9): 923–933. <https://doi.org/10.1134/S1064229315090070>
11. Smirnova E.V., Okunev R.V., Giniyatullin K.G. Influence of carbon sorbents on the potential ability of soils to self-cleaning from petroleum pollution. *Georesursy*. 2022; 24(3): 210–218 (In Russian). <https://doi.org/10.18599/grs.2022.3>
12. Blagodatskaya E., Kuzyakov Y. Active microorganisms in soil: Critical review of estimation criteria and approaches. *Soil Biology and Biochemistry*. 2013; 67: 192–211. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2013.08.024>
13. Kuznetsova I.V., Tikhonravova P.I., Bondarev A.G. Changes in the properties of cultivated gray forest soils after their abandoning. *Eurasian Soil Science*. 2009; 42(9): 1062–1070. <https://doi.org/10.1134/S1064229309090142>
14. Kurganova I.N., Kudeyarov V.N., Lopes de Gerenyu V.O. Updated estimate of carbon balance on Russian territory. *Tellus B: Chemical and Physical Meteorology*. 2010; 62(5): 497–505. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0889.2010.00467.x>

ABOUT THE AUTHORS

Kamil Gashikovich Giniyatullin

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor
ginijatullin@mail.ru
<http://orcid.org/0000-0003-4102-2209>

Ilnaz Alimovich Sakhabiev

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor
ilnasssoil@yandex.ru
<http://orcid.org/0000-0003-4339-9704>

Rodion Vladimirovich Okunev

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor
tutinkaz@yandex.ru
<http://orcid.org/0000-0002-6927-6983>

Reseda Gabdullovna Kadyrova

Senior Lecturer
kadrezeda@yandex.ru
<http://orcid.org/0000-0001-8157-5348>

Ludmila Yurievna Ryzhikh

Candidate of Agricultural Sciences, Senior Lecturer
ludarigh@mail.ru
<http://orcid.org/0000-0002-7132-5537>

Kazan (Volga region) Federal University,
18 Kremlevskaya Str., Kazan, 420008, Russia

Р.С. Кираев
Р.Ф. Хасанова ✉
И.Г. Мустафин

Опытная станция «Уфимская» —
обособленное структурное
подразделение Уфимского федерального
исследовательского центра Российской
академии наук, Уфа, Россия

✉ rezeda78@mail.ru

Поступила в редакцию:
17.07.2023
Одобрена после рецензирования:
26.12.2023
Принята к публикации:
10.01.2024

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-378-1-102-106

Rustyam S. Kiraev
Rezeda F. Khasanova ✉
Irek G. Mustafin

Experimental station “Ufinskaya” Subdivision
of the Ufa Federal Research Centre of the
Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia

✉ rezeda78@mail.ru

Received by the editorial office:
17.07.2023
Accepted in revised:
26.12.2023
Accepted for publication:
10.01.2024

Оценка влияния известкования и удобрений на содержание токсичных элементов в агрочерноземе выщелоченном и накопление в зерне яровой пшеницы

РЕЗЮМЕ

Актуальность. В современных условиях вопросы охраны почв от загрязнения токсичными элементами привлекают повышенное внимание исследователей разных стран. Особенно остро эта проблема стоит для агроландшафтов, находящихся вблизи городов, промышленных объектов и автодорог.

Методы. Объекты исследований — почвы агроландшафтов южной лесостепи в пределах Уфимского района Республики Башкортостан, представленные черноземами выщелоченными.

Результаты. Согласно полученным данным, содержание токсичных элементов в почвах и зерне яровой пшеницы варьирует в пределах, не превышающих предельно допустимый уровень. При применении минеральных удобрений в агрочерноземе отмечена тенденция к повышению содержания подвижных форм токсичных металлов и накоплению их и в зерне яровой пшеницы в незначительных концентрациях. Известкование, внесение навоза и сидерата способствовали снижению содержания подвижных форм токсичных элементов в почве и уменьшению их поступления в зерно яровой пшеницы, что свидетельствует о возможности направленного регулирования качества зерна применением агроландшафтных и агротехнических приемов. Количественные значения концентрации токсичных элементов в почвах сельскохозяйственного назначения и в продукции сельскохозяйственных растений могут служить основой для проведения мониторинга агроэкосистем. Полученные сведения могут быть использованы для разработки рекомендаций рационального землепользования и оценки экологического состояния агрофитоценозов, для получения качественной сельскохозяйственной продукции.

Ключевые слова: токсичные элементы, сельскохозяйственная продукция, агрочернозем выщелоченный, Республика Башкортостан

Для цитирования: Кираев Р.С., Хасанова Р.Ф., Мустафин И.Г. Оценка влияния известкования и удобрений на содержание токсичных элементов в агрочерноземе выщелоченном и накопление в зерне яровой пшеницы. *Аграрная наука*. 2024; 378(1): 102–106. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-378-1-102-106>

© Кираев Р.С., Хасанова Р.Ф., Мустафин И.Г.

Assessment of the effect of liming and fertilizers on the content of heavy metals in leached agrochernozem and accumulation in spring wheat grain

ABSTRACT

Relevance. In modern conditions, the issues of soil protection from heavy metal pollution attract the increased attention of researchers from different countries. This problem is especially acute for agricultural landscapes located near cities, industrial facilities and highways.

Methods. The objects of research were the soils of agricultural landscapes of the Ufa district of the Republic of Bashkortostan. The studies were carried out on leached chernozem.

Results. According to the data obtained, the content of heavy metals in soils and in spring wheat grain varies within the limits not exceeding the MPC level. When using mineral fertilizers in agrochernozem, there is a tendency to increase the content of mobile forms of heavy metals and their accumulation in spring wheat grain. Liming, application of manure and siderate contributed to a decrease in the content of heavy metals in the soil and a decrease in their intake into the grain of spring wheat. This indicates the possibility of directed regulation of grain quality by the use of agro-reclamation and agrotechnical techniques.

Key words: toxic elements, agricultural products, leached agrochernozem, Republic of Bashkortostan

For citation: Kiraev R.S., Khasanova R.F., Mustafin I.G. Assessment of the effect of liming and fertilizers on the content of toxic elements in leached agrochernozem and accumulation in spring wheat grain. *Agrarian science*. 2024; 378(1): 102–106 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-378-1-102-106>

© Kiraev R.S., Khasanova R.F., Mustafin I.G.

Введение/Introduction

В современных условиях вопросы, затрагивающие охрану окружающей среды, и в частности охрану почв от загрязнения токсичными элементами, привлекают повышенное внимание исследователей разных стран. Экологическая опасность таких элементов заключается в том, что они быстро накапливаются в почве и очень долго из нее удаляются. Особенно остро эта проблема касается агроландшафтов, находящихся в окрестностях городов, вблизи промышленных объектов и автодорог. Кроме поступления токсичных элементов из атмосферы, возможными источниками их попадания и аккумуляции в почве являются отдельные виды минеральных удобрений и пестицидов [1–4]. По данным А.Б. Латыпова и Р.Я. Сафиханова, большое количество токсичных элементов содержится в фосфорных удобрениях. Так, в двойном суперфосфате концентрация цинка составила 38,0 мг/кг, меди — 14,0 мг/кг, свинца — 39,0 мг/кг, кадмия — 3,7 мг/кг, никеля — 29,1 мг/кг [5].

Для лесостепной зоны Южного Урала проблема техногенного загрязнения почв особенно остро стоит в зонах функционирования предприятий тяжелого машиностроения России (г. Челябинск, г. Пенза, г. Уфа, г. Стерлитамак). При сохранении существующих объемов выбросов вредных веществ в атмосферу (более 1,3 млн т в год) следует ожидать дальнейшего увеличения площадей почв с высокой степенью загрязнения. Установлено, что до 40% соединений токсичных элементов от их общего выброса в атмосферу выпадает в радиусе 10–12 км от предприятий, при этом большая их часть (60%) включается в региональный и глобальный процесс переноса, что повышает содержание этих элементов в почвах территорий с фоновым уровнем загрязнения и увеличивает общую площадь загрязненных почв [6–8].

При аэрогенном поступлении токсичные элементы концентрируются в поверхностном слое почвы до 20 см в форме обменных ионов, входят в состав гумусовых веществ, карбонатов, оксидов. В связи с этим токсичность элементов при одинаковом их содержании будет отличаться в зависимости от гранулометрического состава почвы и содержания органического вещества [5]. На сегодняшний день не имеется точных данных о фоновом содержании токсичных металлов для почв Республики Башкортостан. Их уровни в одних и тех же почвах могут различаться [7].

Загрязнение почв сельскохозяйственного назначения токсичными элементами может способствовать накоплению их в сельскохозяйственной продукции.

Зерно злаковых культур широко используется в пищу и на корм скоту, из него изготавливают муку, макаронные и крупяные изделия, поэтому исследование полученной сельскохозяйственной продукции на содержание элементов, токсичных для животных и человека, весьма актуально.

Цели данной работы — изучение влияния известкования и различных удобрений на содержание токсичных элементов в агрочерноземе выщелоченном и накопление в зерне яровой пшеницы в условиях южной лесостепи Республики Башкортостан.

Материалы и методы исследований / Materials and methods

Объекты исследований — почвы агроландшафтов южной лесостепи в пределах Уфимского района

Республики Башкортостан, представленные агрочерноземом выщелоченным.

Уфимский район находится в центральной части Республики Башкортостан между слияниями рек Белая, Уфа, Дема, Уршак. Общая площадь района — 159,9 тыс. га.

Чернозем выщелоченный доминирует среди черноземных почв, составляя в общей сложности 13% почвенных ресурсов республики. Среди пахотных угодий на долю чернозема выщелоченного приходится более 30% всей пашни [9].

Характерная морфологическая особенность чернозема выщелоченного — отсутствие свободных карбонатов в гумусовом горизонте, карбонаты выщелочены за его пределы и залегают ниже границы переходного горизонта. Отличительным признаком является также плотноватый иллювиальный горизонт с ясно выраженной бурой окраской, ореховато-призматической или ореховато-комковатой структурой. Среди других почв зона чернозема выщелоченного отличается большим природным запасом питательных веществ.

В связи с широким распространением и разнообразием рельефа этот чернозем сформировался на многих породах: делювиальных карбонатных глинах и тяжелых суглинках, элювиально-делювиальных глинах и суглинках, древнеаллювиальных карбонатных средних суглинках. Гранулометрический состав преимущественно тяжелосуглинистый и среднесуглинистый. Реакция почвенной среды варьирует от среднекислой до нейтральной, величина pH — от 5,1 до 7,0. По мощности гумусового горизонта выщелоченный чернозем исследуемых участков имеет широкий спектр распространения — от маломощных до мощных, составляя в среднем 57,8 см с колебаниями в пределах 31–90 см.

Эти почвы являются наиболее плодородными, редко встречаются эродированные участки с содержанием гумуса ниже 5,5%. В целом такие почвы богаты гумусом (в среднем 7,0%) с отклонением от 3,9 до 9,0%. Среднее значение запасов гумуса — 455,5 т/га. Обеспеченность подвижными формами фосфора и обменным калием колеблется от средней до низкой [10].

Для проведения исследований был заложен полевой опыт на посевах яровой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) сорта Жница. Площадь делянок составляла 120 м² (20 × 6 м).

Опыт включал пять вариантов: контроль (без удобрений и извести), NPK (без извести), NPK + известь (4 т/га в паровом поле), навоз (40 т/га в паровом поле), сидерат (25 т/га в паровом поле).

Расчетные нормы внесения минеральных удобрений в опыте под яровую пшеницу (35 ц/га) соответствовали N₆₈P₉₀K₃₆. В качестве известкового материала использовался известковый туф с 85%-ным содержанием CaCO₃. Содержание элементов питания в навозе (%): N — 0,46, P — 0,30, K — 0,50, Ca — 0,80, в сидерате (%): N — 0,70, P — 0,10, K — 0,20, Ca — 0,90. Из минеральных удобрений были использованы мочевины, суперфосфат, хлористый калий, в качестве сидерата — донник желтый.

Почвенные образцы отбирались по генетическим горизонтам.

Определение органического вещества в почвах проводили методом Тюрина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213-91¹), определение содержания в почвах

¹ ГОСТ 26213-91. Почвы. Методы определения органического вещества М.: Издательство стандартов. 1993; 8.

подвижных соединений фосфора и калия — по методу Чирикова в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26204-91)², рН солевой вытяжки — потенциометрическим методом (ГОСТ 26483-85)³.

Лабораторные работы проведены лабораторией ФГБУ «Станция агрохимической службы «Ишимбайская»»⁴ (г. Ишимбай, Башкортостан, Россия).

Содержание токсичных элементов в почве и зерне яровой пшеницы определяли по методике, приведенной в «Методических указаниях по картографированию сельскохозяйственных угодий, прилегающих к предприятиям, загрязнителям почв тяжелыми металлами»⁵, атомно-абсорбционным методом на спектрофотометре «Спектр-5» (ОАО «Союзцветметавтоматика», Россия).

Для оценки степени загрязнения почв тяжелыми металлами были использованы общепринятые значения ПДК (ГН 2.1.7.2041-06⁶), ПДК для подвижных форм кадмия не имеется. Концентрацию кадмия и свинца в зерне яровой пшеницы сравнивали с предельно допустимыми уровнями (ПДУ) токсичных элементов в зерне злаковых культур, поставляемом на пищевые цели (ТР ТС 015/2011⁷, концентрацию цинка и меди в зерне сопоставляли с показателями МДУ в кормах для сельскохозяйственных животных и кормовых добавках⁸).

На основании полученных данных был рассчитан коэффициент извлечения подвижных форм токсичных элементов (КИП) (отношение содержания элемента в сухой массе растения к содержанию подвижных форм этого элемента в почве) [11].

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Морфологические свойства пахотных почв были изучены на почвенном разрезе, заложенном на пашне после уборки яровой пшеницы на территории муниципального образования Красноярский сельский совет Уфимского района. Глубина разреза — 130 см. Вскипание от НСІ на глубине 140 см. Тип почвы — агрочернозем выщелоченный среднемогучий тяжелосуглинистый слабокислый, сформированный на древнеаллювиальных карбонатных суглинках. Описание почвенного разреза представлено на рисунке 1.

Рис. 1. Морфологическая характеристика профиля чернозема выщелоченного

Fig. 1. Morphological characteristics of the profile of leached chernozem

	А _{пах} 0–28 см	темно-серый, сухой, тяжелосуглинистый, комковато-пористый, рыхлый до 18 см, ниже — плотный, обилие корней, переход в следующий горизонт по линии вспашки;
	А ₁ 28–39 см	темно-серый, тяжелосуглинистый, комковато-зернистый, слабо уплотнен, корни растений, переход постепенный;
	А ₁ В 39–56 см	темно-серый с буроватым оттенком, увлажненный, тяжелосуглинистый, зернисто-комковатый, плотный, редкие корни, переход постепенный;
	В ₁ 56–106 см	неоднородно-бурый, уплотненный, увлажненный, тяжелосуглинистый, непрочно-комковатый, заметны гумусовые затеки, единичные корни растений, переход постепенный;
	С > 130 см	светло-бурый, увлажненный, бесструктурный, тяжелосуглинистый

² ГОСТ 26204-91. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Чирикова в модификации ЦИНАО. М.: Издательство стандартов. 1993; 8.

³ ГОСТ 26483-85. Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение ее рН по методу ЦИНАО. М.: Издательство стандартов. 1986; 5.

⁴ Станция агрохимической службы «Ишимбайская». Аттестат аккредитации испытательной лаборатории (центра) в системе аккредитации аналитических лабораторий (центров) № РОСС RU.0001.514154.

⁵ Кузнецов А.В., Фесюн А.П., Самохвалов С.Г., Махонько Э.П. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельскохозяйственных угодий и продукции растениеводства. 2-е изд. М.: МСХ РФ ЦИНАО. 1992; 61.

⁶ ГН 2.1.7.2041-06 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве: Гигиенические нормативы. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора. 2006; 15.

⁷ Технический регламент Таможенного союза (ТР ТС 015/2011 от 09.12.2011) «О безопасности зерна (с изм. на 15 сентября 2017 года)». М.: Русский стандарт. 44.

⁸ Временный максимально допустимый уровень (МДУ) содержания некоторых химических элементов и госсипола в кормах для сельскохозяйственных животных и кормовых добавках. М.: Госагропром СССР, ГУ ветеринарии. 1987; 4.

Таблица 1. Содержание подвижных форм токсичных элементов в пахотном слое чернозема выщелоченного в зависимости от внесения удобрений, мг/кг

Table 1. The content of mobile forms of heavy metals in the arable layer of leached chernozem, depending on fertilizer systems, mg/kg

Вариант	Cu	Zn	Cd	Pb
Контроль (без удобрений)	0,48	1,12	0,38	2,03
N ₆₈ P ₉₀ K ₃₆	0,52	0,90	0,48	2,18
NPK + известь	0,12	0,54	0,13	1,12
Навоз	0,18	0,65	0,18	1,79
Сидерат	0,28	0,79	0,22	1,92
НСР ₀₅	0,16	0,21	0,14	0,39
ПДК	3,00	23,00	–	6,00

Агрохимические показатели пахотного слоя почвы опытного поля: содержание гумуса — $9,0 \pm 0,02\%$, валового азота — $0,46 \pm 0,01\%$, фосфора — $0,17 \pm 0,01\%$, калия — $1,40 \pm 0,03\%$, сумма поглощенных оснований — $39,1 \pm 0,3$ мг-экв. на 100 г почвы, pH_{KCl} — $5,3 \pm 0,1$.

Согласно полученным данным, содержание токсичных элементов в почве оказалось низким и не превышало установленные ПДК (табл. 1).

В то же время отмечена тенденция к повышению их концентраций (за исключением цинка) в варианте с внесением минеральных удобрений по сравнению с контролем. Увеличение содержания меди, кадмия и свинца было статистически недостоверным.

Следует отметить, что содержание кадмия было в пределах $0,13–0,48$ мг/кг почвы, что подтвердило данные Ф.Х. Хазиева и С.Г. Зиннатуллина [13] о повышенном его уровне ($0,25–0,50$ мг/кг) в почвах окрестностей Уфы. Тенденция к повышению концентрации подвижных форм металлов, по всей видимости, связана с их содержанием в составе минеральных удобрений, а также с увеличением их подвижности при подкислении реакции среды под действием применяемых минеральных удобрений [14].

Внесение извести и органических удобрений способствовало снижению содержания подвижных форм токсичных элементов в почве относительно контроля.

В варианте с внесением NPK на фоне известкования уменьшение концентрации всех металлов было статистически достоверным: меди — на 75%, цинка — на 49%, кадмия — на 65%, свинца — на 44%. В вариантах с внесением навоза и сидерата отмечено также существенное снижение меди (соответственно, на 62% и 42%), цинка (на 42% и 29%), кадмия (на 53% и 42%) и (недостоверное) свинца (на 12% и 5,4% соответственно).

Варианты опыта по эффективности снижения содержания подвижных форм токсичных элементов расположились в ряду «известь — навоз — сидераты». Токсичные элементы по реакции на внесение

известии и органических удобрений располагаются в ряду «медь — кадмий — цинк — свинец».

Биологические особенности сельскохозяйственных культур отражаются на их способности в накоплении и перераспределении элементов в вегетативной и генеративной частях. Известно, что в семенах растений накопление токсичных элементов меньше, чем в корнях, листьях и соломе [1].

Результаты исследований показали, что в зерне яровой пшеницы содержание токсичных элементов варьирует в пределах, не превышающих уровень ПДУ и МДУ (табл. 2). В соответствии с санитарными нормами зерно, полученное во всех вариантах, с такими показателями может быть использовано на продовольственные цели, в том числе для производства продуктов детского питания. Последнее выделяется особо, так как для этих целей к содержанию кадмия в зерне предъявляются более строгие требования: оно не должно превышать 0,02 мг/кг⁹. Незначительное поступление и накопление токсичных элементов в зерне связаны с блокированием их поступления в растения за счет элементов-антагонистов (NH₄, K, Ca) и образования труднорастворимых фосфатов металлов [13].

Как показывает анализ полученных результатов опытов, содержание подвижных форм токсичных элементов в почве находит отражение в накоплении этих элементов в зерне яровой пшеницы. Как и в случае с содержанием в почве, в варианте с внесением NPK отмечено некоторое повышение концентрации металлов в зерне: статистически достоверное по цинку, кадмию и свинцу, недостоверное — по меди. Уменьшение их концентрации в почве в вариантах с внесением известии и органических удобрений способствовало статистически достоверному снижению содержания токсичных элементов в зерне пшеницы по сравнению с контролем. Наибольшая эффективность отмечена в варианте с внесением известии, в котором достигнуто снижение содержания металлов в зерне яровой пшеницы: меди — в 2,6 раза, цинка — в 2,2 раза, кадмия — в 3,0 раза, свинца — в 2,8 раза.

Внесение навоза и сидерата также способствовало существенному их снижению: меди — в 1,6 и 1,3 раза соответственно, цинка — в 1,4 и 1,2 раза, кадмия — в 1,5 и 1,7 раза, свинца — в 1,5 и 1,4 раза. По всей видимости, этот эффект обусловлен созданием благоприятных физико-химических свойств почвы, в результате чего токсичные элементы переходят в труднорастворимые и трудноусвояемые формы с образованием комплексных металлорганических соединений.

Согласно И.В. Шабановой и О.Д. Занозиной [12], актуальным показателем для оценки поглощения

Таблица 2. Содержание токсичных элементов (ТЭ) в зерне яровой пшеницы (мг/кг) и коэффициент извлечения (КИП)

Table 2. The content of toxic elements in spring wheat grain (mg/kg), and extraction coefficient (KIP)

ТЭ	Показатель	Вариант					НСП ⁰⁵	ПДУ _{Cd,Pb/Mn} МДУ _{Cu,Zn}
		Контроль	NPK	NPK + известь	Навоз	Сидерат		
Cu	мг/кг	3,70	4,00	1,40	2,30	2,90	0,6	10,0
	КИП	7,71	8,33	2,92	4,79	6,04	—	—
Zn	мг/кг	18,30	19,80	8,20	13,20	14,80	1,0	50,0
	КИП	16,34	22,00	15,19	20,31	18,73	—	—
Cd	мг/кг	0,03	0,032	0,01	0,02	0,018	0,002	0,1
	КИП	0,08	0,07	0,001	0,11	0,08	—	—
Pb	мг/кг	0,31	0,33	0,11	0,21	0,22	0,002	0,5
	КИП	0,15	0,15	0,10	0,12	0,11	—	—

токсичных элементов растениями из почвы служит коэффициент извлечения подвижных форм (КИП). По полученным показателям медь и цинк относятся к элементам, которые активно извлекаются яровой пшеницей из почвы, кадмий и свинец — к слабоизвлекаемым элементам.

Следует отметить, что по всем исследуемым металлам наименьшие значения КИП получены в варианте с внесением известии.

Выводы/Conclusion

При применении минеральных удобрений (N₆₈P₉₀K₃₆, что соответствовало 35 ц/га) в агроценозе выщелоченном Уфимского района Республики Башкортостан отмечена тенденция к повышению содержания подвижных форм токсичных элементов и накоплению их и в зерне яровой пшеницы в незначительных концентрациях.

Известкование (4 т/га в паровом поле), внесение навоза (40 т/га в паровом поле) и сидерата (25 т/га в паровом поле) способствовали снижению содержания подвижных форм токсичных элементов в почве и уменьшению их поступления в зерно яровой пшеницы, что свидетельствует о возможности направленного регулирования качества зерна применением агрометеорологических и агротехнических приемов.

Концентрация токсичных элементов в зерне яровой пшеницы не превышает показатели, указанные в регламентирующих документах, и в соответствии с санитарными нормами они могут быть использованы не только на продовольственные цели, но и для производства продуктов детского питания.

Количественные значения концентрации токсичных элементов в почвах сельскохозяйственного назначения и в продукции сельскохозяйственных растений могут служить основой для проведения мониторинга агроэкосистем.

⁹ Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. М.: ЦИНАО. 1992; 63.

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные.

Все авторы внесли равный вклад в работу.

Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование выполнено в рамках государственного задания Минобрнауки России No 123011200009-5.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

All authors made an equal contribution to the work.

The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism.

The authors declare no conflict of interest.

FUNDING

The study was carried out within the framework of the state assignment of the Russian Ministry of Education and Science No. 123011200009-5.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Середа Н.А., Баязитова Р.И., Нафикова М.В., Баязитова Л.И. Тяжелые металлы в почвах и сельскохозяйственных культурах лесостепи Башкортостана. *Агрохимический вестник*. 2016; (4): 2–5. <https://elibrary.ru/xbxiib>
2. Белоус Н.М., Шаповалов В.Ф., Моисеенко Ф.В., Драганская М.Г. Влияние различных систем удобрения на накопление тяжелых металлов в сельскохозяйственной продукции. *Вестник Брянской ГСХА*. 2005; (5): 22–29. <https://elibrary.ru/vxntyj>
3. Максимов П.Г. и др. Агроэкологическая характеристика пахотных почв Российской Федерации по содержанию тяжелых металлов, мышьяка и фтора. М.: *Агроконсалт*. 2002; 50. ISBN 5-94325-018-2 <https://elibrary.ru/voqakx>
4. Мерзлая Г.Е., Замана С.П., Соколов А.В. Тяжелые металлы в системе «органическое удобрение — почва — растение». *Плодородие*. 2009; (2): 49–50. <https://elibrary.ru/kypjzv>
5. Латыпов А.Б., Сафиханов Р.Я. Получение экологически безопасной продукции коневодства на основе комплексного исследования содержания тяжелых металлов в почвенном покрове Башкортостана. *Самарский научный вестник*. 2015; (2): 106–111. <https://elibrary.ru/vijdhb>
6. Хазиев Ф.Х. Экология почв Башкортостана. Уфа: *Гилем*. 2012; 311. ISBN 978-5-4466-0009-0 <https://elibrary.ru/wxyrdp>
7. Хабиров И.К., Асылбаев И.Г., Якупова Р.А., Якупов И.Ж., Рафиков Б.В. Экологическая оценка почв северной лесостепной зоны Республики Башкортостан. *Достижения науки и техники АПК*. 2008; (8): 17–20. <https://elibrary.ru/jwvmaz>
8. Хасанова Р.Ф., Суюндуков Я.Т., Семенова И.Н., Рафикова Ю.С., Серегина Ю.Ю. Экологическая опасность загрязнения почв урбанизированных территорий горноурального региона. *Гигиена и санитария*. 2019; 98(12): 1370–1375. <https://www.elibrary.ru/zdcfco>
9. Хасанов А.Н., Асылбаев И.Г., Рафиков Б.В., Киселева А.А., Шацкая С.И. Ретроспективный анализ состояния плодородия почв южной лесостепи Республики Башкортостан за длительный период использования. *Известия Горского государственного аграрного университета*. 2019; 56(1): 30–36. <https://elibrary.ru/ijymze>
10. Кираев Р.С. Регулирование плодородия черноземов лесостепных агроландшафтов Южного Урала. Уфа: *Издательство Башкирского государственного аграрного университета*. 2003; 333. ISBN 5-7456-0029-2 <https://www.elibrary.ru/qkwddp>
11. Шабанова И.В., Занозина О.Д. Поведение тяжелых металлов в системе «почва — растение» при возделывании озимой пшеницы на черноземе выщелоченном. *Энтузиасты аграрной науки. Сборник статей по материалам Международной научно-практической конференции, посвященной 95-летию кафедры агрономической химии Кубанского государственного аграрного университета и памяти академика Василия Григорьевича Минеева*. Краснодар: КубГАУ. 2017; 18: 222–226. <https://www.elibrary.ru/ynxhuh>
12. Хазиев Ф.Х., Зиннатуллин С.Г. Контроль содержания тяжелых металлов в почвах Республики Башкортостан. *Агрохимический вестник*. 2001; (5): 9.
13. Кираев Р.С., Чанышев И.О., Булатов Е.П., Бондаренко И.Р. Определение потребности в известковании и доз извести для выщелоченного чернозема. *Плодородие*. 2008; (3): 4–6. <https://www.elibrary.ru/ktopkl>

ОБ АВТОРАХ

Рустям Султангареевич Кираев

доктор сельскохозяйственных наук, профессор
rustamkiraev@mail.ru
Тел. 8 (937) 356-43-33

Резеда Фиргатовна Хасанова

доктор биологических наук, доцент
rezeda78@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-8917-0561>

Ирек Гадеевич Мустафин

кандидат сельскохозяйственных наук, директор
oph_ufimskoe@mail.ru

Опытная станция «Уфимская» — обособленное структурное подразделение Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, ул. Тополиная, 1, с. Чернолесовский, Уфимский р-н, Республика Башкортостан, 450535, Россия

REFERENCES

1. Sereda N.A., Bayazitova R.I., Nafikova M.V., Bayazitova L.I. Heavy metals in soils and agricultural crops in Bashkortostan Republic forest steppe. *Agrochemical Herald*. 2016; (4): 2–5 (In Russian). <https://elibrary.ru/xbxiib>
2. Belous N.M., Shapovalov V.F., Moiseenko F.V., Draganskaya M.G. The influence of various fertilizer systems on the accumulation of heavy metals in agricultural products. *Bulletin of the Bryansk Agricultural Academy*. 2005; (5): 22–29 (In Russian). <https://elibrary.ru/vxntyj>
3. Maksimov P.G. et al. Agroecological characteristics of arable soils of the Russian Federation in terms of the content of heavy metals, arsenic and fluorine. Moscow: *Agrokonsalt*. 2002; 50 (In Russian). ISBN 5-94325-018-2 <https://elibrary.ru/voqakx>
4. Merzlaya G.E., Zamana S.P., Sokolov A.V. Heavy metals in the system «organic manure — soil — plant». *Plodородие*. 2009; (2): 49–50 (In Russian). <https://elibrary.ru/kypjzv>
5. Latypov A.B., Safihanov R.Ya. Production of environmentally safe products of horse breeding based on a comprehensive study of the content of heavy metals in the soil cover of Bashkortostan. *Samara Journal of Science*. 2015; (2): 106–111 (In Russian). <https://elibrary.ru/vijdhb>
6. Khaziev F.Kh. Ecology of the soils of Bashkortostan. Ufa: *Gilem*. 2012; 311 (In Russian). ISBN 978-5-4466-0009-0 <https://elibrary.ru/wxyrdp>
7. Khabirov I.K., Asylbaev I.G., Jakupova R.A., Jakupov I.Zh., Rafikov B.V. Ecological estimation of ground North timber-steep zones of the Republic Bashkortostan. *Achievements of Science and Technology of AIC*. 2008; (8): 17–20 (In Russian). <https://elibrary.ru/jwvmaz>
8. Khasanova R.F., Suyundukov Ya.T., Semenova I.N., Rafikova Yu.S., Seregina Yu.Yu. The environmental danger of pollution of soils of urban territories of the mining region. *Hygiene and Sanitation*. 2019; 98(12): 1370–1375 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/zdcfco>
9. Khasanov A.N., Asylbaev I.G., Rafikov B.V., Kiselyova A.A., Shatskaya S.I. A retrospective analysis of soils fertility in the Southern forest-steppe zone of Bashkortostan for a long period of use. *Proceedings of Gorsky State Agrarian University*. 2019; 56(1): 30–36 (In Russian). <https://elibrary.ru/ijymze>
10. Kiraev R.S. Regulation of the fertility of chernozems of forest-steppe agricultural landscapes of the Southern Urals. Ufa: *Bashkir State Agrarian University publ*. 2003; 322 (In Russian). ISBN 5-7456-0029-2 <https://www.elibrary.ru/qkwddp>
11. Shabanova I.V., Zanozina O.D. The behavior of heavy metals in the «soil — plant» system during the cultivation of winter wheat on leached chernozem. *Enthusiasts of agricultural science. Collection of articles based on the proceedings of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the 95th anniversary of the Department of Agronomic Chemistry of the Kuban State Agrarian University and the memory of Academician Vasily G. Mineev*. Krasnodar: Kuban State Agrarian University. 2017; 18: 222–226 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/ynxhuh>
12. Khaziev F.Kh., Zinnatullin S.G. Control of the content of heavy metals in the soils of the Republic of Bashkortostan. *Agrochemical Herald*. 2001; (5): 9 (In Russian).
13. Kiraev R.S., Chanyshiev I.O., Bulatov E.P., Bondarenko I.R. Determination of the need for liming and lime doses for leached chernozem. *Plodородие*. 2008; (3): 4–6 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/ktopkl>

ABOUT THE AUTHORS

Rustam Sultangareevich Kiraev

Doctor of Agricultural Sciences, Professor
rustamkiraev@mail.ru
Phone 8 (937) 356-43-33

Rezeda Firgatovna Khasanova

Doctor of Biological Sciences, Associate Professor
rezeda78@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-8917-0561>

Irek Galeevich Mustafin

Candidate of Agricultural Sciences, Director
oph_ufimskoe@mail.ru

The “Ufa” Experimental Station is a separate structural unit of the Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, 1 Topolinaya Str., Chernolesovsky village, Ufa district, Republic of Bashkortostan, 450535, Russia.

Е.В. Шелихова^{1, 2, 3} ✉
 В.С. Масленникова^{1, 3}
 В.П. Цветкова¹
 Г.В. Калмыкова⁴
 С.М. Нерсисян¹
 Н.И. Акулова⁴
 И.М. Дубовский^{1, 2}

¹Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия

²Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий, Краснообск, Новосибирская обл., Россия

³Федеральный исследовательский центр фундаментальной и трансляционной медицины, Новосибирск, Россия

⁴ООО «МИКОПРО», Кольцово, Новосибирская обл.

✉ shelikhova.ev@yandex.ru

Поступила в редакцию:
06.07.2023

Одобрена после рецензирования:
26.12.2023

Принята к публикации:
10.01.2024

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-378-1-107-113

Evgeniya V. Shelikhova^{1, 2, 3} ✉
 Vladislava S. Maslennikova^{1, 3}
 Vera P. Tsvetkova¹
 Galina V. Kalmykova⁴
 Stepan M. Nersesyan¹
 Nadezhda I. Akulova⁴
 Ivan M. Dubovskiy^{1, 2}

¹Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

²Siberian Federal Research Center for Agrobiotechnologies, Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia

³Federal Research Center for Fundamental and Translational Medicine, Novosibirsk, Russia

⁴MIKOPRO LLC, Koltsovo, Novosibirsk region, Russia

✉ shelikhova.ev@yandex.ru

Received by the editorial office:
06.07.2023

Accepted in revised:
26.12.2023

Accepted for publication:
10.01.2024

Влияние *Bacillus thuringiensis* subsp. *aizawai* на состав почвенной микробиоты и урожайность картофеля

РЕЗЮМЕ

Бактерии *Bacillus thuringiensis* subsp. *aizawai* (*B. thuringiensis* subsp. *aizawai*) являются энтомопатогенными микроорганизмами, которые используют для регуляции численности насекомых-вредителей, в частности представителей отрядов чешуекрылых и двукрылых. Установлено ростостимулирующее действие бактерии *B. thuringiensis* subsp. *aizawai* на картофеле. В частности, отмечено увеличение биомассы растений в 1,4 раза уже на 4-ю неделю учета по сравнению с контролем. Длина корней и количество столонов были статистически выше в 1,2 раза и 2,3 раза на 10-ю неделю учета при обработке суспензии *B. thuringiensis* subsp. *aizawai* по сравнению с контролем соответственно. Предпосадочная обработка клубней *B. thuringiensis* subsp. *aizawai* положительно влияла на ризосферную микрофлору. Установлено, что *B. thuringiensis* subsp. *aizawai* приводит к увеличению численности бактерий-аммонификаторов в 8 раз, азотфиксирующих бактерий почти в 30 раз, целлюлозолитических бактерий в 1,3 раза относительно контроля и подавляет численность микромицетов на 21% и 27% по сравнению с контролем и эталоном соответственно. Увеличение групп азотфиксирующих бактерий с применением *B. thuringiensis* subsp. *aizawai* способствовало увеличению урожайности картофеля на 13% и 24% по сравнению с контролем и эталоном. Влияния на соотношения фракции картофеля под действием *B. thuringiensis* subsp. *aizawai* оказано не было.

Ключевые слова: картофель, *Bacillus thuringiensis* subsp. *aizawai*, морфометрические показатели, ризосферные микроорганизмы, урожайность

Для цитирования: Шелихова Е.В. и др. Влияние *Bacillus thuringiensis* subsp. *aizawai* на состав почвенной микробиоты и урожайность картофеля. *Аграрная наука*. 2024; 378(1): 107–113. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-378-1-107-113>

© Шелихова Е.В., Масленникова В.С., Цветкова В.П., Калмыкова Г.В., Нерсисян С.М., Акулова Н.И., Дубовский И.М.

The effect of *Bacillus thuringiensis* subsp. *aizawai* on the composition of soil microbiota and potato yield

ABSTRACT

The bacteria *Bacillus thuringiensis* subsp. *aizawai* (*B. thuringiensis* subsp. *aizawai*) are entomopathogenic microorganisms that are used to control the abundance of insect pests, in particular members of the Lepidoptera and Diptera orders. The growth-stimulating effect of the bacterium *B. thuringiensis* subsp. *aizawai* on potatoes. In particular, an increase in plant biomass by 1.4 times was noted already on the 4th week of accounting compared with the control. The length of the roots and the number of stolons were statistically higher by 1.2 times and 2.3 times on the 10th week of counting when processing a suspension of *B. thuringiensis* subsp. *aizawai* compared to controls, respectively. Preplant treatment of *B. thuringiensis* subsp. *aizawai* had a positive effect on the rhizosphere microflora. It has been established that *B. thuringiensis* subsp. *aizawai* leads to an increase in the number of ammonifying bacteria by 8 times, nitrogen-fixing bacteria by almost 30 times, cellulolytic bacteria by 1.3 times relative to the control and suppresses the number of micromycetes by 21% and 27% compared to the control and standard, respectively. Increasing groups of nitrogen-fixing bacteria using *B. thuringiensis* subsp. *aizawai* contributed to an increase in potato yield by 13% and 24% compared to the control and standard. Influence on the ratio of the potato fraction under the influence of *B. thuringiensis* subsp. *aizawai* has not been rendered.

Key words: potato, *Bacillus thuringiensis* subsp. *aizawai*, morphometric parameters, rhizosphere microorganisms, productivity

For citation: Shelikhova E.V. et al. The effect of *Bacillus thuringiensis* subsp. *aizawai* on the composition of soil microbiota and potato yield. *Agrarian science*. 2024; 378(1): 107–113 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-378-1-107-113>

© Shelikhova E.V., Maslennikova V.S., Tsvetkova V.P., Kalmykova G.V., Nersesyan S.M., Akulova N.I., Dubovskiy I.M.

Введение/Introduction

Одна из ключевых задач современного растениеводства — повышение урожайности сельскохозяйственных культур [1]. Для получения качественной продукции картофелеводства используют усовершенствованные технологии возделывания, семенной материал высокого качества, минеральные удобрения и защитные мероприятия [2].

На рост и развитие растения влияют полезные микроорганизмы ризо- и филлосферы, синтезирующие метаболиты с гормональными и сигнальными функциями. Бактерии, стимулирующие рост растений (Plant Growth Promoting Bacteria, PGPB), представлены *Azospirillum*, *Bacillus*, *Enterobacter*, *Gluconacetobacter*, *Paenibacillus*, *Pseudomonas* и др. Известно, что бактерия *Bacillus thuringiensis* (*B. thuringiensis*), входящая в группу PGPB, продуцирует различные биологически активные вещества. Например, ауксин (АУ) активирует корневую систему и побеги [3], гиббереллин контролирует прорастание и развитие генеративных органов растения, сидерофоры оказывают прямое влияние на стимулирование роста [4, 5].

Использование синтетических удобрений и пестицидов наносит ущерб окружающей среде и здоровью человека [6, 7]. Нерациональное применение удобрений оказывает отрицательное влияние на микробиоценоз почвы, подавляя численность одних и, наоборот, стимулируя численность других микроорганизмов [8]. Происходит глубокая минерализация органического вещества, что способствует снижению численности аммонифицирующих и целлюлозоразрушающих бактерий, накоплению токсичных соединений в почве и разрушению биогеоценозов [9, 10].

Контроль микробиологических показателей почвы особенно важен, так как мероприятия для повышения продуктивности возделываемых культур должны опираться не на увеличение доз минеральных удобрений, а на регулирование биологических и агрохимических свойств почвы [11].

Применение штаммов различных подвидов *B. thuringiensis* оказывает положительное влияние на почвенное микробное сообщество: стимулирует развитие бактерий-аммонификаторов, увеличивает численность азотфиксирующих бактерий и бактерий, усваивающих минеральный азот [12].

По некоторым данным, инсектицидный белок *B. thuringiensis* может влиять на разнообразие микробного сообщества в различных почвах [13]. Бактерия *B. thuringiensis* subsp. *aizawai* известна как агент регуляции численности таких вредителей, как капустная моль [14], черная и малая совка [15, 16] и комары [17]. В США разработан препарат XenTari на основе спор и белков *B. thuringiensis* subsp. *aizawai* ABTS-1857 для борьбы с личинками чешуекрылых насекомых, которые являются вредителями различных фруктовых, овощных, масличных и декоративных культур [18]. Было показано, что обработка сои хитиназой *B. thuringiensis* subsp. *aizawai* повышала всхожесть семян на 50–75% [19].

Таким образом, изучение воздействия *B. thuringiensis* subsp. *aizawai* на морфометрические показатели и влияние на урожайность картофеля, а также развитие ризосферных микроорганизмов является актуальным вопросом в части развития современных биологических

препаратов для стимулирования роста растений и улучшения их здоровья.

Цель работы — оценка действия препарата, содержащего *B. thuringiensis* subsp. *aizawai* на рост, урожайность, а также состав почвенной микробиоты картофеля.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Полевые и лабораторные опыты были проведены в 2021–2022 году на базе УПХ «Сад мичуринцев» и лаборатории биологической защиты растений и биотехнологии Новосибирского государственного аграрного университета (г. Новосибирск, Россия).

Материалом для исследования служили: средне-ранний картофель сорта Тулеевский (оригинатор — Кемеровский НИИСХ — филиал СФНЦА РАН, г. Кемерово, Россия), спорокристаллическая смесь бактерии *B. thuringiensis* subsp. *aizawai*, депонирован в Биоресурсном центре «Всероссийская коллекция промышленных микроорганизмов» (БРЦ ВКПМ) НИЦ «Курчатовский институт» — ГосНИИгенетика под регистрационным номером ВКПМ В-14026.

В качестве эталона применяли биопрепарат «Бактофит СП» (*Bacillus subtilis* ИПМ 215, ООО ПО «Сиббиофарм», Россия).

Закладка полевого опыта была проведена согласно методике Б.А. Доспехова¹.

Предшественником являлся пар. Густота посадки — 40,8 тыс/га, схема посадки — 0,7 × 0,35 м. Общая площадь посадки — 70 м², учетная — 60 м², повторность трехкратная.

Агротехнические мероприятия включали в себя вспашку в сентябре — начале октября (2020 г.), весной (2021 г.), в культивацию (15–20 см).

Посадка картофеля была выполнена вручную. Дата начала полевого опыта — 18.05.2021. Уход за посадками проводился внесением удобрения «Кемира картофельная» (АО «Фертиса», Россия) — 30–40 г/м² почвы. Прополка, окучивание. Уборка — вручную.

Лесная тяжелосуглинистая на бескарбонатном тяжелом суглинке почва характеризовалась следующими агрохимическими показателями: обеспеченность гумусом пахотного слоя — 5,6%, реакция среды по pH — около 6,3, обеспеченность нитратным азотом — 6 мг/кг, фосфором — 181 мг/кг (по Ю.И. Чирикову), калием — выше среднего (205 мг/кг почвы).

Перед посадкой клубни картофеля были обработаны согласно схеме опыта:

- контроль (обработка водой);
- *B. thuringiensis* subsp. *aizawai* (титр 2,7 × 10⁶ КОЕ/мл);
- «Бактофит СП» (3 г/т).

В период вегетации оценено влияние штамма *B. thuringiensis* subsp. *aizawai* на морфометрические показатели картофеля — массу одного растения, длину корней, количество стеблей, общее количество столонов. Подсчет биологической урожайности проведен путем взвешивания клубней, собранных с делянки, с последующим пересчетом на 1 га.

Численность микроорганизмов в почве определяли методом серийных разведений². Почвенные образцы были взяты из прикорневых зон растений каждого варианта. Повторность микробиологических учетов — пятикратная. Учет численности почвенных

¹ Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Альянс. 2014; 350.

² Сэги Й., Куренной И.Ф. Методы почвенной микробиологии (под ред. и с предисл. акад. ВАСХНИЛ Г.С. Муромцева). М.: Колос. 1983; 294.

микроорганизмов проводили на 6-ю неделю учета после посадки (10.07.2021 г.).

Для определения дрожжей была использована питательная среда Ганзена, целлюлозолитических бактерий — Гетчинсона; для бактерий, усваивающих минеральный азот, среда — крахмало-аммиачный агар (КАА), усваивающих органический азот — мясопептонный агар (МПА). Численность азотфиксирующих бактерий фиксировали на среде Эшби, сапротрофные грибы — на среде Чапека. Производители компонентов сред: ООО «ДиаМ» (Россия), HiMedia Laboratories Pvt. Limited (США), ФБУН ГНЦ ПМБ (Россия)³, Angel Yeasters Co., Ltd (Китай).

Статистическую обработку данных проводили методом дисперсионного анализа с использованием пакета прикладных компьютерных программ GraphPad PRISM 8⁴ и SNEDECOR для Windows⁵ (США).

По данным метеослужбы (табл. 1), весенний период характеризовался высоким температурным режимом и обильной влажностью по сравнению с нормой.

Количество осадков в июне было превышено на 17 мм (при среднем значении 54,9 мм), температура — немного ниже по сравнению со средним показателем. В июле осадков выпало всего 37% от нормы, а температура достигала 19,7 °С, вследствие чего численность гидрофильных почвенных микроорганизмов снизилась. Средняя температура в августе была ниже нормы, количество осадков — в пределах нормы.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Обработка клубней картофеля спорокристаллической суспензией штамма *B. thuringiensis* subsp. *aizawai* способствовала повышению биомассы растений в 1,4 раза уже на 4-ю неделю учета (через месяц после посадки) по сравнению с контролем.

Отмечена статистически достоверная разница ($p < 0,05$) при обработке клубней суспензией *B. thuringiensis* subsp. *aizawai* на 10-ю неделю учета: биомасса растений была больше в 1,4 раза, длина корней — в 1,2 раза, количество столонов — в 2,3 раза больше по сравнению с контролем (табл. 2).

Отмечена тенденция к увеличению длины корней относительно контроля на 4-ю и 10-ю недели учетов на 22% и 16% соответственно. В варианте с предпосадочной обработкой клубней картофеля биопрепаратом «Бактофит» на 10-ю неделю отмечено увеличение количества стеблей в 1,4 раза по сравнению с контролем (рис. 1).

Ростостимулирующее действие *B. thuringiensis* subsp. *aizawai* может быть связано с влиянием на уровень фитогормонов, содержащихся в тканях растения: гетероауксин (p-индолилуксусная кислота — ИУК), цитокинин (ЦК), АУ, аскорбиновая кислота (АИ). ИУК регулирует процессы в тканях растения, способствует удлинению корней [20], ЦК и АУ контролируют такие ростостимулирующие процессы, как элонгация клеточных стенок, дифференцировка тканей и процесс фотосинтеза. АИ активирует растительные ферменты, благодаря которым происходит сопротивляемость организма к неблагоприятным факторам внешней среды [21, 22].

Группы бактерий, обитающих в ризосфере, могут упростить доступ к питательным веществам для растений благодаря разложению органических остатков, трансформации соединений таких элементов, как азот,

Таблица 1. Гидротермические характеристики вегетационного периода за 2021 год (по ГМС «Огурцово»)
 Table 1. Hydrothermal characteristics of the growing season for 2021 (according to HMS "Ogurtsovo")

Месяц	Температура, °С					Осадки, мм				
	I	II	III	средняя	норма	I	II	III	сумма	норма
Май	11,5	14,9	16,3	14,2	10,9	4	13	8	25	36,8
Июнь	16,7	17,3	14,6	16,2	16,9	22	2	48	72	54,9
Июль	20,4	18,8	20	19,7	20,0	18	4	0,3	22,3	60,3
Август	19,8	16,8	17,7	18,1	16,2	24	37	6	67	67

Таблица 2. Влияние микробных агентов на морфометрические показатели картофеля
 Table 2. The influence of microbial agents on the morphometric parameters of potatoes

Вариант опыта	Неделя учета	Масса одного растения, г	Длина корней, см	Количество стеблей, шт.	Общее количество столонов, шт.
Контроль	4-я	153,0	12,7	4,7	22,7
	6-я	314,7	16,0	5,0	21,7
	10-я	831,3	20,3	5,3	22,3
Бактофит	4-я	114,3	14,0	4,0	32,0
	6-я	457,3	19,3*	4,3	36,0*
	10-я	892,3	22,0	7,3*	39,3*
<i>B. thuringiensis</i> subsp. <i>aizawai</i>	4-я	210,7	16,3*	5,0	23,0
	6-я	512,3	17,7	4,7	36,3*
	10-я	1162,3*	24,0*	6,7	50,7*
HCP ₀₅ (среднее)		206,4	2,03	1,8	11,1

Примечание: * достоверно при $p < 0,05$.

Рис. 1. Учет растений картофеля на 4-ю и 6-ю неделю: 1 — контроль, 2 — *B. thuringiensis* subsp. *aizawai*, 3 — «Бактофит». Фото автора

Fig. 1. Accounting for potatoes on the 4th and 6th weeks: 1 — control, 2 — *B. thuringiensis* subsp. *aizawai*, 3 — "Baktofit". Photo by the author



фосфор и другие. Таким образом, почвенные микроорганизмы активно влияют на здоровье растений [23].

Микробиологический анализ почвы, проведенный через полтора месяца после посадки (6-я неделя), показал, что предпосадочная обработка клубней

³ <https://www.obolensk.org/>

⁴ <https://www.graphpad.com/guides/prism/8/user-guide/new-organization.htm>

⁵ <https://odssoft.narod.ru/pages/product.html>

B. thuringiensis subsp. *aizawai* положительно влияла на почвенную микрофлору (табл. 3, рис. 2).

В частности, бактерии подавляли численность сапротрофных грибов (*Mucor spp.*, *Penicillium spp.*, *Aspergillus spp.*, *Fusarium spp.*, *Alternaria spp.* и др.), количество микромицетов снизилось по сравнению с контролем и эталоном на 21% и 27% соответственно. Численность аммонификаторов, участвующих в усвоении органического азота, увеличивалась с применением бактерии *B. thuringiensis* subsp. *aizawai* в 8 раз (по сравнению с контролем). Многократно возросло количество азотфиксирующих бактерий — почти в 30 раз.

Количество целлюлозолитических бактерий было выше в варианте с обработкой *B. thuringiensis* subsp. *aizawai* — в 1,3 раза (по сравнению с контролем), что положительно сказалось на развитии молодых растений. В том числе происходило активное разложение пожнивных остатков, создавалось больше доступных форм питательных веществ [24]. Однако в варианте с обработкой *B. thuringiensis* subsp. *aizawai* наблюдается снижение численности бактерий, усваивающих минеральный азот, в четыре раза по сравнению с контролем. Вероятно, это связано с изменением сообщества микробиоценоза в сторону бактерий, усваивающих органический азот.

Дрожжи являются незаменимым компонентом микробного сообщества почвы. Их преимущества заключаются в способности гидролиза доступных растительных полимеров, формировании активных дрожжевых азотфиксирующих ассоциаций. Дрожжи обладают стимуляцией роста семенного материала [25]. Группа почвенных дрожжей с применением *B. thuringiensis* subsp. *aizawai* возросла в 17 раз по сравнению с контролем.

Подобные исследования подтверждают изменение почвенной микрофлоры под действием *B. thuringiensis*, при этом демонстрировалось ростостимулирующее действие на опытные растения [26].

При применении препарата «Бактофит» происходило снижение численности большинства групп микроорганизмов (бактерий, усваивающих минеральный азот, азотфиксирующих бактерий, дрожжей) и увеличение численности почвенных сапротрофов. Вероятно, такое угнетение почвенной микробиоты вызвано антагонистическими и антибиотическими свойствами штамма ИПМ-215 микробной культуры *Bacillus subtilis*, входящей в состав препарата [27].

Вероятно, вследствие увеличения группы азотфиксирующих бактерий в варианте с обработкой *B. thuringiensis* subsp. *aizawai* наблюдается достоверное увеличение урожайности картофеля — на 13% ($p = 0,015$) и 24% ($p = 0,011$) по сравнению с контролем и эталоном (рис. 3).

Подобная тенденция была отмечена в других исследованиях. Например, в работе Лукина и Марчук [28] показан ростостимулирующий эффект

Таблица 3. Влияние *B. thuringiensis* subsp. *aizawai* на почвенную микрофлору

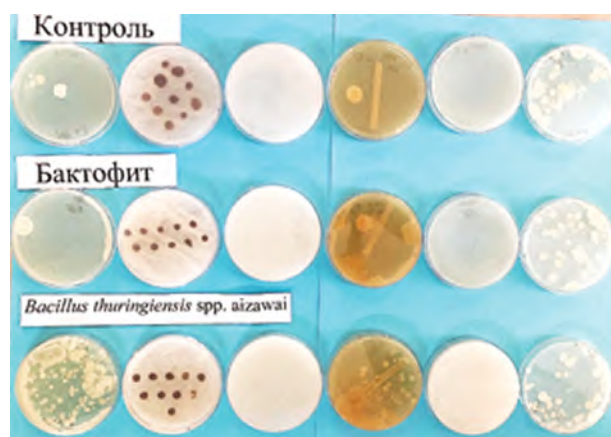
Table 3. Effect of *B. thuringiensis* subsp. *aizawai* on soil microflora

Численность микроорганизмов, $\times 10^5$ КОЕ / 1 г абсолютно сухой почвы	Контроль	«Бактофит»	<i>B. thuringiensis</i> subsp. <i>aizawai</i>
Сапротрофные почвенные грибы	0,44	0,48	0,35
Бактерии, усваивающие органический азот	0,62	0,7	5,2*
Бактерии, усваивающие минеральный азот	1,12	0,04	0,26
Целлюлозолитические бактерии	1,56	2,02*	2,02*
Азотфиксирующие бактерии	0,17	0,04	5,06*
Дрожжи	0,58	0,17	9,69

Примечание: * достоверно при $p < 0,05$.

Рис. 2 Результаты микробиологического посева почвы на средах. Слева направо: Ганзена, Гетчинсона, КАА, МПА, Эшби, Чапека). Фото автора

Fig. 2. The results of microbiological seeding of soil on media. From left to right: Hansen, Getchinson, KAA, MPA, Ashby, Chapek). Photo by the author

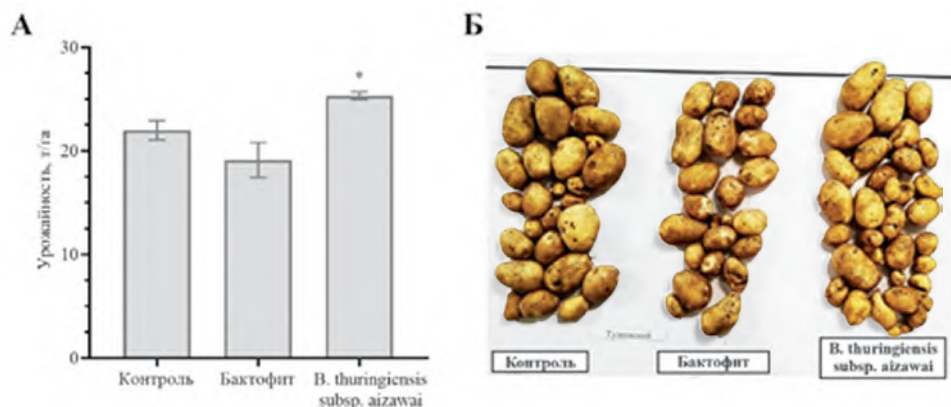


азотфиксирующих микроорганизмов на картофеле и кукурузе. Показано, что при обработке данными бактериями оказано положительное влияние на полевую всхожесть культур и способствуют увеличению урожайности. Под действием микробных агентов улучшается микробиологический состав почвы. Это позволило получить более качественный урожай по сравнению с контрольным вариантом [29].

Таким образом, отмечено положительное влияние обработки клубней *B. thuringiensis* subsp. *aizawai* на рост и продуктивность картофеля и его почвенную микрофлору.

Рис. 3. Влияние *B. thuringiensis* subsp. *aizawai* на урожайность картофеля (* $p < 0,05$ по сравнению с вариантами «контроль» и «Бактофит», Unpaired t test) (А) и урожайность картофеля под действием микробных агентов. Фото автора (Б)

Fig 3. Effect of *B. thuringiensis* subsp. *aizawai* on the yield (* $p < 0.05$ compared with "control" and "Bactofit" Unpaired t test) (A) and potato yield under the action of microbial agents. Photo by the author (B)



Выводы/Conclusion

1. Применение спорокристаллической суспензии бактерии *B. thuringiensis* subsp. *aizawai* увеличивало морфометрические показатели картофеля в вегетационный период: биомассу растений — в 1,4 раза, длину корней — в 1,2 раза, количество стеблей — в 1,3 раза, столонов — в 2,3 раза (по сравнению с контролем).

2. Исследуемый штамм бактерии *B. thuringiensis* subsp. *aizawai* активно подавлял почвенные грибы-сапротрофы на 21% и 27%, соответственно, по сравнению с контролем и эталоном. Отмечено положительное

влияние на численность бактерий, усваивающих органический азот (в 8 раз выше контроля), целлюлозо-разрушающих бактерий (в 1,3 раза выше контроля) и дрожжей с применением бактерий *B. thuringiensis* subsp. *aizawai*. Однако численность бактерий, усваивающих минеральный азот, была ниже, чем в контрольном варианте.

3. Изучаемый штамм бактерий *B. thuringiensis* subsp. *aizawai* повысил урожайность, соответственно, на 13% и на 24% по сравнению с контролем и эталоном.

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные.

Все авторы внесли равный вклад в работу.

Авторы в равной степени принимали участие в написании

рукописи и несут равную ответственность за плагиат.

Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

All authors made an equal contribution to the work.

The authors were equally involved in writing the manuscript and bear

the equal responsibility for plagiarism.

The authors declare no conflict of interest.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (грант № 22-16-20031) и Правительства Новосибирской области (№ п-4).

FUNDING

This work was supported by the Russian Science Foundation (grant no. 22-16-20031) and the Government of the Novosibirsk Region (grant No. p-4).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Павлюшин В.А., Новикова И.И., Бойкова И.В. Микробиологическая защита растений в технологиях фитосанитарной оптимизации агроэкосистем: теория и практика (обзор). *Сельскохозяйственная биология*. 2020; 55(3): 421–438. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2020.3.421rus>
2. Старовойтов В.И., Старовойтова О.А., Звягинцев П.С., Манохина А.А. Внедрение достижений союзной программы «Инновационное развитие производства картофеля и топинамбура» в отрасль картофелеводства. *Картофелеводство. Сборник научных трудов*. Минск: Научно-практический центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству. 2016; 24: 415–420. <https://elibrary.ru/zbottn>
3. Batista B.D. et al. The auxin-producing *Bacillus thuringiensis* RZ2MS9 promotes the growth and modifies the root architecture of tomato (*Solanum lycopersicum* cv. Micro-Tom). *Archives of Microbiology*. 2021; 203(7): 3869–3882. <https://doi.org/10.1007/s00203-021-02361-z>
4. Azizoglu U. *Bacillus thuringiensis* as a Biofertilizer and Biostimulator: A Mini-Review of the Little-Known Plant Growth-Promoting Properties of *Bt*. *Current Microbiology*. 2019; 76(11): 1379–1385. <https://doi.org/10.1007/s00284-019-01705-9>
5. Кудоярова Г.Р., Курдиш И.К., Мелентьев А.И. Образование фитогормонов почвенными и ризосферными бактериями как фактор стимуляции роста растений. *Известия Уфимского научного центра РАН*. 2011; (3–4): 5–15. <https://elibrary.ru/owfvuh>
6. Vejan P., Abdullah R., Khadiran T., Ismail S., Nasrulhaq Boyce A. Role of Plant Growth Promoting Rhizobacteria in Agricultural Sustainability — A Review. *Molecules*. 2016; 21(5): 573. <https://doi.org/10.3390/molecules21050573>
7. Alori E.T., Babalola O.O. Microbial inoculants for improving crop quality and human health in Africa. *Frontiers in Microbiology*. 2018; 9: 2213. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.02213>
8. Walder F. et al. Soil microbiome signatures are associated with pesticide residues in arable landscapes. *Soil Biology and Biochemistry*. 2022; 174: 108830. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2022.108830>
9. Иванцова Е.А. Влияние пестицидов на микрофлору почвы и полезную биоту. *Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 11: Естественные науки*. 2013; (1): 35–40. <https://elibrary.ru/rtpmbz>
10. Коробова Л.Н., Шинделов А.В. Микробный отклик выщелоченного чернозема на превышение нормы гербицидной нагрузки. *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2012; (8): 51–54. <https://elibrary.ru/pbogyt>
11. Соколов М.С., Глинушкин А.П., Спиридонов Ю.Я. Перспективы исследований по улучшению качества и оздоровления почв России. *Достижения науки и техники АПК*. 2016; 30(7): 5–10. <https://elibrary.ru/wjxnpr>

REFERENCES

1. Pavlyushin V.A., Novikova I.I., Boikova I.V. Microbiological control in phytosanitary optimization technologies for agroecosystems: research and practice (review). *Agricultural Biology*. 2020; 55(3): 421–438. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2020.3.421eng>
2. Starovoitov V.I., Starovoitova O.A., Zvyagintsev P.S., Manokhina A.A. Implementation of allied program achievements "Innovative development of production of potatoes and topinambur" in potato growing industry. *Potato-growing. Proceedings*. Minsk: Research and Practical Center of National Academy of Sciences of Belarus for Potato, Fruit and Vegetable Growing. 2016; 24: 415–420 (In Russian). <https://elibrary.ru/zbottn>
3. Batista B.D. et al. The auxin-producing *Bacillus thuringiensis* RZ2MS9 promotes the growth and modifies the root architecture of tomato (*Solanum lycopersicum* cv. Micro-Tom). *Archives of Microbiology*. 2021; 203(7): 3869–3882. <https://doi.org/10.1007/s00203-021-02361-z>
4. Azizoglu U. *Bacillus thuringiensis* as a Biofertilizer and Biostimulator: A Mini-Review of the Little-Known Plant Growth-Promoting Properties of *Bt*. *Current Microbiology*. 2019; 76(11): 1379–1385. <https://doi.org/10.1007/s00284-019-01705-9>
5. Kudoyarova G.R., Kurdish I.K., Melentev A.I. Production of phytohormones by soil and rhizosphere bacteria as a factor of plant growth stimulation. *Proceedings of the RAS Ufa Scientific Centre*. 2011; (3–4): 5–15 (In Russian). <https://elibrary.ru/owfvuh>
6. Vejan P., Abdullah R., Khadiran T., Ismail S., Nasrulhaq Boyce A. Role of Plant Growth Promoting Rhizobacteria in Agricultural Sustainability — A Review. *Molecules*. 2016; 21(5): 573. <https://doi.org/10.3390/molecules21050573>
7. Alori E.T., Babalola O.O. Microbial inoculants for improving crop quality and human health in Africa. *Frontiers in Microbiology*. 2018; 9: 2213. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.02213>
8. Walder F. et al. Soil microbiome signatures are associated with pesticide residues in arable landscapes. *Soil Biology and Biochemistry*. 2022; 174: 108830. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2022.108830>
9. Ivantsova E.A. Impacts of pesticides on soil microflora and useful biota. *Bulletin of the Volgograd State University. Series 11; Natural Sciences*. 2013; (1): 35–40 (In Russian). <https://elibrary.ru/rtpmbz>
10. Korobova L.N., Shindelov A.V. Microbial response of leached chernozem to excess herbicide load. *Bulletin of Altai State Agricultural University*. 2012; (8): 51–54 (In Russian). <https://elibrary.ru/pbogyt>
11. Sokolov M.S., Glinushkin A.P., Spiridonov Yu.Ya. Prospects for studies on quality improvement and enhancement of soils in Russia. *Achievements of science and technology in agribusiness*. 2016; 30(7): 5–10 (In Russian). <https://elibrary.ru/wjxnpr>

12. Масленникова В.С. и др. Влияние инокуляции клубней картофеля бактериями рода *Bacillus* на популяцию ризосферных микроорганизмов. *Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет)*. 2022; (1): 46–55.
<https://doi.org/10.31677/2072-6724-2022-62-1-46-55>
13. Li Y. *et al.* Environmental Behaviors of *Bacillus thuringiensis* (Bt) Insecticidal Proteins and Their Effects on Microbial Ecology. *Plants*. 2022; 11(9): 1212.
<https://doi.org/10.3390/plants11091212>
14. Андреева И.В., Шаталова Е.И., Ходакова А.В. Капустная моль *Plutella xylostella*: эколого-биологические аспекты, вредоносность, контроль численности. *Вестник защиты растений*. 2021; 104(1): 28–39.
<https://doi.org/10.31993/2308-6459-2021-104-1-14947>
15. Mashtoly T.A. Abolmaaty A., El-Said El-Zemaity M., Hussien M.I., Alm S.R. Enhanced Toxicity of *Bacillus thuringiensis* subspecies *kurstaki* and *aizawai* to Black Cutworm Larvae (Lepidoptera: Noctuidae) with *Bacillus* sp. NFD2 and *Pseudomonas* sp. FNFD1. *Journal of Economic Entomology*. 2011; 104(1): 41–46.
<https://doi.org/10.1603/EC10210>
16. Jung S., Kim Y. Synergistic Effect of Entomopathogenic Bacteria (*Xenorhabdus* sp. and *Photorhabdus temperata* ssp. *temperata*) on the Pathogenicity of *Bacillus thuringiensis* ssp. *aizawai* Against *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae). *Environmental Entomology*. 2006; 35(6): 1584–1589.
<https://doi.org/10.1093/ee/35.6.1584>
17. Smith G.P. Merrick J.D., Bone E.J., Ellar D.J. Mosquitocidal activity of the CryIC delta-endotoxin from *Bacillus thuringiensis* subsp. *aizawai*. *Applied and Environmental Microbiology*. 1996; 62(2): 680–684.
<https://doi.org/10.1128/aem.62.2.680-684.1996>
18. Zhao X., da Silva M.B.R., Van der Linden I., Franco B.D.G.M., Uyttendaele M. Behavior of the Biological Control Agent *Bacillus thuringiensis* subsp. *aizawai* ABTS-1857 and *Salmonella enterica* on Spinach Plants and Cut Leaves. *Frontiers in Microbiology*. 2021; 12: 626029.
<https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.626029>
19. De la Vega L.M., Barboza-Corona J.E., Aguilar-Uscanga M.G., Ramírez-Lepe M. Purification and characterization of an exochitinase from *Bacillus thuringiensis* subsp. *aizawai* and its action against phytopathogenic fungi. *Canadian Journal of Microbiology*. 2006; 52(7): 651–657.
<https://doi.org/10.1139/w06-019>
20. Patten C.L., Glick B. Role of *Pseudomonas putida* Indoleacetic Acid in Development of the Host Plant Root System. *Applied and Environmental Microbiology*. 2002; 68(8): 3795–3801.
<https://doi.org/10.1128/AEM.68.8.3795-3801.2002>
21. Коробов Я.А. Каменек Л.К., Каменек В.М., Усеева Л.Ф. Ростостимулирующее действие дельта-эндотоксина *Bacillus thuringiensis* на ювенильные растения пшеницы. *Ульяновский медико-биологический журнал*. 2017; (2): 152–158.
<https://doi.org/10.23648/UMBJ.2017.26.6230>
22. Соколова М.Г., Акимова Г.П., Вайшла О.Б. Влияние на растения фитогормонов, синтезируемых ризосферными бактериями. *Прикладная биохимия и микробиология*. 2011; 47(3): 302–307.
<https://elibrary.ru/nwdaxd>
23. Чернов Т.И., Семенов М.В. Управление почвенными микробными сообществами: возможности и перспективы (обзор). *Почвоведение*. 2021; (12): 1506–1522.
<https://doi.org/10.31857/S0032180X21120029>
24. Смирнова И.Э., Саданов А.К. Агрономически ценные микроорганизмы и их ассоциация для сельского хозяйства. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2020; (2): 19–23.
<https://elibrary.ru/xaxunv>
25. Абдуллабекова Д.А., Магомедова Е.С., Магомедов Г.Г., Качалкин А.В. Дрожжи как элемент амплелоценоза почвы ампелоценоза в условиях аридного климата. *Аридные экосистемы*. 2021; 27(3): 96–102.
<https://elibrary.ru/kiiprr>
26. Jo H. *et al.* Response of Soil Bacterial Community and Pepper Plant Growth to Application of *Bacillus thuringiensis* KNU-07. *Agronomy*. 2020; 10(4): 551.
<https://doi.org/10.3390/agronomy10040551>
27. Курамшина З.М., Хайруллин Р.М., Лукьянцев М.А. Влияние антагонистичного штамма *Bacillus subtilis* 26Д на численность микроорганизмов почвы, прилегающей к семенам пшеницы. *Почвоведение*. 2014; (9): 1102.
<https://doi.org/10.7868/S0032180X14070089>
28. Лукин С.М., Марчук Е.В. Влияние биопрепаратов ассоциативных азотфиксирующих микроорганизмов на урожайность сельскохозяйственных культур. *Достижения науки и техники АПК*. 2011; (8): 18–21.
<https://elibrary.ru/obgjsb>
29. Масленникова В.С., Цветкова В.П., Нерсисян С.М., Бедарева Е.В., Дубовский И.М. Влияние бактерий рода *Bacillus* на почвенную микробиоту при предпосадочной обработке картофеля. *Плодородие*. 2022; (1): 50–53.
<https://doi.org/10.25680/S19948603.2022.124.13>
12. Maslennikova V.S. *et al.* Effect of inoculation of potato tubers with *Bacillus* bacteria on the population of rhizosphere microorganisms. *Bulletin of NSAU (Novosibirsk State Agrarian University)*. 2022; (1): 46–55 (In Russian).
<https://doi.org/10.31677/2072-6724-2022-62-1-46-55>
13. Li Y. *et al.* Environmental Behaviors of *Bacillus thuringiensis* (Bt) Insecticidal Proteins and Their Effects on Microbial Ecology. *Plants*. 2022; 11(9): 1212.
<https://doi.org/10.3390/plants11091212>
14. Andreeva I.V., Shatalova E.I., Khodakova A.V. The diamondback moth *Plutella xylostella*: ecological and biological aspects, harmfulness, population control. *Plant Protection News*. 2021; 104(1): 28–39 (In Russian).
<https://doi.org/10.31993/2308-6459-2021-104-1-14947>
15. Mashtoly T.A. Abolmaaty A., El-Said El-Zemaity M., Hussien M.I., Alm S.R. Enhanced Toxicity of *Bacillus thuringiensis* subspecies *kurstaki* and *aizawai* to Black Cutworm Larvae (Lepidoptera: Noctuidae) with *Bacillus* sp. NFD2 and *Pseudomonas* sp. FNFD1. *Journal of Economic Entomology*. 2011; 104(1): 41–46.
<https://doi.org/10.1603/EC10210>
16. Jung S., Kim Y. Synergistic Effect of Entomopathogenic Bacteria (*Xenorhabdus* sp. and *Photorhabdus temperata* ssp. *temperata*) on the Pathogenicity of *Bacillus thuringiensis* ssp. *aizawai* Against *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae). *Environmental Entomology*. 2006; 35(6): 1584–1589.
<https://doi.org/10.1093/ee/35.6.1584>
17. Smith G.P. Merrick J.D., Bone E.J., Ellar D.J. Mosquitocidal activity of the CryIC delta-endotoxin from *Bacillus thuringiensis* subsp. *aizawai*. *Applied and Environmental Microbiology*. 1996; 62(2): 680–684.
<https://doi.org/10.1128/aem.62.2.680-684.1996>
18. Zhao X., da Silva M.B.R., Van der Linden I., Franco B.D.G.M., Uyttendaele M. Behavior of the Biological Control Agent *Bacillus thuringiensis* subsp. *aizawai* ABTS-1857 and *Salmonella enterica* on Spinach Plants and Cut Leaves. *Frontiers in Microbiology*. 2021; 12: 626029.
<https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.626029>
19. De la Vega L.M., Barboza-Corona J.E., Aguilar-Uscanga M.G., Ramírez-Lepe M. Purification and characterization of an exochitinase from *Bacillus thuringiensis* subsp. *aizawai* and its action against phytopathogenic fungi. *Canadian Journal of Microbiology*. 2006; 52(7): 651–657.
<https://doi.org/10.1139/w06-019>
20. Patten C.L., Glick B. Role of *Pseudomonas putida* Indoleacetic Acid in Development of the Host Plant Root System. *Applied and Environmental Microbiology*. 2002; 68(8): 3795–3801.
<https://doi.org/10.1128/AEM.68.8.3795-3801.2002>
21. Korobov Ya.A. Kamenek L.K., Kamenek V.M., Useeva L.F. Growth-stimulating effect of delta-endotoxin *Bacillus thuringiensis* on wheat during juvenile phase. *Ulyanovsk Medico-biological Journal*. 2017; (2): 152–158 (In Russian).
<https://doi.org/10.23648/UMBJ.2017.26.6230>
22. Sokolova M.G., Akimova G.P., Vaishlya O.B. Effect of phytohormones synthesized by rhizosphere bacteria on plants. *Applied Biochemistry and Microbiology*. 2011; 47(3): 274–278.
<https://doi.org/10.1134/S0003683811030148>
23. Chernov T.I., Semenov M.V. Management of Soil Microbial Communities: Opportunities and Prospects (a Review). *Eurasian Soil Science*. 2021; 54(12): 1888–1902.
<https://doi.org/10.1134/S1064229321120024>
24. Smirnova I.E., Sadanov A.K. Agriculturally important microorganisms and their association for agriculture. *International journal of applied and fundamental research*. 2020; (2): 19–23 (In Russian).
<https://elibrary.ru/xaxunv>
25. Abdullabekova D.A., Magomedova E.S., Magomedov G.G., Kachalkin A.V. Yeasts as an Element of Ampelocenosis Soil Biodiversity in an Arid Climate. *Arid Ecosystems*. 2021; 11(3): 299–303.
<https://doi.org/10.1134/S2079096121030021>
26. Jo H. *et al.* Response of Soil Bacterial Community and Pepper Plant Growth to Application of *Bacillus thuringiensis* KNU-07. *Agronomy*. 2020; 10(4): 551.
<https://doi.org/10.3390/agronomy10040551>
27. Kuramshina Z.M., Khayrullin R.M., Lukyantsev M.A. Effect of antagonistic strain *Bacillus subtilis* 26D on the number of soil microorganisms adjacent to wheat seeds. *Pochvovedenie*. 2014; (9): 1102 (In Russian).
<https://doi.org/10.7868/S0032180X14070089>
28. Lukin S.M., Marchuk E.V. Influence of biological preparations of associative nitrogen-fixing microorganisms on productivity of agricultural crops. *Achievements of science and technology in agribusiness*. 2011; (8): 18–21 (In Russian).
<https://elibrary.ru/obgjsb>
29. Maslennikova V.S., Tsvetkova V.P., Nersesyan S.M., Bedareva E.V., Dubovsky I.M. Influence of bacteria of the genus *Bacillus* on soil microbiota in pre-planting treatment of potatoes. *Plodородие*. 2022; (1): 50–53 (In Russian).
<https://doi.org/10.25680/S19948603.2022.124.13>

ОБ АВТОРАХ

Евгения Владиславовна Шелихова^{1, 2, 3}

аспирант, научный сотрудник
shelikhova.ev@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-1757-8303>

Владислава Сергеевна Масленникова^{1, 3}

научный сотрудник
vladislava.maslennikova@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-4564-6780>

Вера Павловна Цветкова¹

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
vera.cvetkova.23.05@mail.ru

Галина Васильевна Калмыкова⁴

кандидат биологических наук, руководитель по научным исследованиям и разработкам
gvkalmyk@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-5933-3262>

Степан Михайлович Нерсисян¹

аспирант
smnersesyan@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0009-0681-7541>

Надежда Ивановна Акулова⁴

главный технолог
akulova_ni@ngs.ru

Иван Михайлович Дубовский^{1, 2}

доктор биологических наук, профессор
dubovskiy2000@yahoo.com
<https://orcid.org/0000-0001-9691-3960>

¹ Новосибирский государственный аграрный университет,
ул. Добролюбова, 154, Новосибирск, 630039, Россия

² Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий,
ул. Центральная, 2Б, Краснообск, Новосибирский р-н,
Новосибирская обл., 630501 Россия

³ Федеральный исследовательский центр фундаментальной
и трансляционной медицины,
ул. Тимакова, 2, Новосибирск, 630060, Россия

⁴ ООО «МИКОПРО»,
Кольцово, 12, Новосибирский р-н, Новосибирская обл., 630559,
Россия

ABOUT THE AUTHORS

Evgeniya Vladislavovna Shelikhova^{1, 2, 3}

Postgraduate Student, Researcher
shelikhova.ev@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-1757-8303>

Vladislava Sergeevna Maslennikova^{1, 3}

Researcher
vladislava.maslennikova@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-4564-6780>

Vera Pavlovna Tsvetkova¹

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor
vera.cvetkova.23.05@mail.ru

Galina Vasilievna Kalmykova⁴

Candidate of Biological Sciences, Head of Research and Development
gvkalmyk@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-5933-3262>

Stepan Mikhailovich Nersesyan¹

Graduate Student
smnersesyan@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0009-0681-7541>

Nadezhda Ivanovna Akulova⁴

Chief Technologist
akulova_ni@ngs.ru

Ivan Mikhailovich Dubovskiy^{1, 2}

Doctor of Biological Sciences, Professor
dubovskiy2000@yahoo.com
<https://orcid.org/0000-0001-9691-3960>

¹ Novosibirsk State Agrarian University,
154 Dobrolyubov Str., Novosibirsk, 630039, Russia

² Siberian Federal Scientific Center for Agrobiotechnologies,
2B Tsentral'naya Str., Krasnoobsk, Novosibirsk region, 630501 Russia

³ Federal Research Center for Fundamental and Translational
Medicine,
2 Timakov Str., Novosibirsk, 630060, Russia

⁴ MIKOPRO LLC,
12 Koltsovo, Novosibirsk region, 630559, Russia

УДК 535.372:636.5.034

Научная статья

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-378-1-114-117

М.В. Беляков

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Россия

✉ bmw20100@mail.ru

Поступила в редакцию:
28.07.2023

Одобрена после рецензирования:
27.12.2023

Принята к публикации:
10.01.2024

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-378-1-114-117

Mikhail V. Belyakov

Federal Scientific Agroengineering Center
VIM, Moscow, Russia

✉ bmw20100@mail.ru

Received by the editorial office:
28.07.2023

Accepted in revised:
27.12.2023

Accepted for publication:
10.01.2024

Оптические люминесцентные свойства яиц

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Оптические фотолюминесцентные свойства яиц сельскохозяйственной птицы могут служить индикаторами их качества как для процессов инкубации, так и для процессов пищевых технологий. На начальном этапе представляется важным провести оценку спектральных характеристик возбуждения и люминесценции, а также параметров столовых и инкубационных яиц различного качества и с различным цветом скорлупы.

Методы. Для исследований были использованы куриные яйца кроссов китайская шелковая и Хайсекс браун, а также образцы утиных, гусиных и перепелиных яиц. Измерения проводились на дифракционном спектрофлуориметре «Флюорат-02-Панорама» с встроенным программным обеспечением Panorama Pro. По полученным спектральным характеристикам были рассчитаны энергетические (интегральная поглощательная способность и поток люминесценции, энергия спектра) и статистические (математическое ожидание, дисперсия, асимметрия, эксцесс) параметры, а также стоксов сдвиг.

Результаты. Фотолюминесцентные свойства яиц сельскохозяйственной птицы проявляются в ультрафиолетовой области спектра. Качественно спектры различных видов домашних птиц схожи с незначительным различием стоксова сдвига. Для оплодотворенных куриных яиц поток фотолюминесценции в 2,7 раза больше, чем у неоплодотворенных, при этом разброс значений для неоплодотворенных яиц в 5,6 раза меньше. Такие параметры спектров, как асимметрия и эксцесс, существенно различаются для люминесценции темно- и светлоскорлупных куриных яиц. Для столовых яиц интегральные энергетические параметры в 2,8–3,1 раза больше, чем у инкубационных.

Ключевые слова: столовые и инкубационные яйца, спектр возбуждения, спектр фотолюминесценции, стоксов сдвиг, оптические свойства

Для цитирования: Беляков М.В. Оптические люминесцентные свойства яиц. *Аграрная наука*. 2024; 378(1): 114–117. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-378-1-114-117>

© Беляков М.В.

Optical luminescent properties of eggs

ABSTRACT

Relevance. Optical photoluminescent properties of poultry eggs can serve as indicators of their quality both for incubation processes and for food technology processes. At the initial stage, it is important to evaluate the spectral characteristics of excitation and luminescence, as well as the parameters of table and incubation eggs of different quality and with different shell color.

Methods. Chicken eggs of Chinese silk and Hysex brown crosses, as well as samples of duck, goose and quail eggs were used for research. The measurements were carried out on a diffraction spectrofluorimeter "Fluorat-02-Panorama" with built-in software "Panorama Pro". The obtained spectral characteristics were used to calculate the energy (integral absorption capacity and luminescence flux, spectrum energy) and statistical parameters (expectation, variance, asymmetry, kurtosis), as well as the Stokes shift.

Results. Photoluminescent properties of poultry eggs are manifested in the ultraviolet region of the spectrum. Qualitatively, the spectra of different species of domestic birds are similar with a slight difference in the Stokes shift. For fertilized chicken eggs, the photoluminescence flux is 2.7 times greater than that of unfertilized eggs, while the spread of values for unfertilized eggs is 5.6 times less. Spectrum parameters such as asymmetry and kurtosis differ significantly for the luminescence of dark and light-shell chicken eggs. For table eggs, the integral energy parameters are 2.8–3.1 times greater than those of incubation eggs.

Key words: table and incubation eggs, excitation spectrum, photoluminescence spectrum, Stokes shift, optical properties

For citation: Belyakov M.V. Optical luminescent properties of eggs. *Agrarian science*. 2024; 378(1): 114–117 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-378-1-114-117>

© Belyakov M.V.

Введение/Introduction

Электромагнитное излучение оптического диапазона достаточно давно применяется для улучшения эмбриогенеза куриных яиц при прединкубационной обработке [1, 2]. Однако в последнее время заметный интерес вызвали исследования по выявлению и классификации дефектных яиц с использованием методов машинного обучения и компьютерного зрения. Предложен метод обнаружения трещин на поверхности яиц [3].

Ранее были проведены исследования по определению свежести яиц с использованием спектроскопии в ближней инфракрасной области и гиперспектральных изображений [4]. В настоящее время используется тепловизионный метод определения оплодотворенности яиц до инкубации [5]. Измерения перечисленными способами ряда параметров перспективны для получения ценной информации в процессе инкубации и хранения яиц. В работах, проводимых для обнаружения дефектных яиц, выполнялось только обнаружение трещин, поэтому в исследовании [6] было выбрано использование системы машинного зрения в реальном времени, разработанной для классификации грязных, окровавленных, треснувших и твердых яиц.

Оптические методы используются для предварительного отбора самцов во время эмбрионального развития [7–9]. Этот метод позволяет более гуманно отбраковывать самцов. Была разработана и проверена надежная и неинвазивная методика определения пола по цвету *in ovo*. С этой целью была использована точечная спектроскопия видимого и ближнего инфракрасного диапазона (749–861 нм), которая имеет преимущества перед современной гиперспектральной визуализацией с точки зрения точности и стоимости [10]. Также известно, что в технологиях переработки яиц используется метод колориметрического контроля цвета внешней оболочки желтка в зависимости от времени варки [11].

Цель работы — исследование оптических фотолюминесцентных характеристик и параметров столовых и инкубационных яиц для дальнейшего создания методики их диагностики.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Для спектральных исследований были использованы куриные яйца кроссов китайская шелковая (светлоскорлупные) и Хайсекс браун (темноскорлупные), а также утиные, гусиные и перепелиные яйца, предоставленные ФГБОУ ВО «Смоленская государственная сельскохозяйственная академия» (г. Смоленск, Россия).

Исследования проводились на спектрофлуориметре «Флюорат-02-Панорама» (ООО «Люмэкс», Россия) с выставлением соответствующих настроек в программном обеспечении Panorama Pro (разработчик — ООО «Люмэкс», права на использование переданы вместе с прибором).

Исследуемое яйцо находилось в темном футляре (для защиты от посторонних засветок). Световод подводили к острому концу яйца. Измерения проводились с 2015 по 2023 год на базе филиала ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ» в г. Смоленске и ФГБНУ ФНАЦ ВИМ.

Были измерены спектры возбуждения $\eta_{\lambda}(\lambda)$ и фотолюминесценции $\varphi_{\lambda}(\lambda)$ яиц. Повторность измерения — 20. Расчеты погрешностей проведены по общепринятой

методике с $p = 0,9$. Рассчитаны энергетические и статистические параметры спектров. Интегральные энергетические параметры фотолюминесценции: H — интегральная поглощательная способность (в относительных единицах) и Φ — относительный поток люминесценции (в относительных единицах). Определяются по формулам:

$$H = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \eta_{\lambda}(\lambda) d\lambda, \quad (1),$$

где $\eta_{\lambda}(\lambda)$ — спектральная характеристика возбуждения, λ_1 – λ_2 — пределы интегрирования характеристики возбуждения.

$$\Phi = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \varphi_{\lambda}(\lambda) d\lambda, \quad (2),$$

где $\varphi_{\lambda}(\lambda)$ — спектральная характеристика люминесценции, λ_1 – λ_2 — пределы интегрирования характеристики люминесценции.

Математическое ожидание M_{λ} , характеризующее положение центра тяжести спектра, определяется формулой:

$$M_{\lambda} = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \lambda \varphi(\lambda) d\lambda, \quad (3),$$

где $\varphi(\lambda)$ — дифференциальная функция распределения (распределение плотности вероятности), λ_1 – λ_2 — пределы интегрирования.

Дисперсия σ^2 , характеризующая степень разброса длин волн люминесценции относительно центра тяжести, рассчитывается по формуле:

$$\sigma^2 = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} (\lambda - M)^2 \varphi(\lambda) d\lambda, \quad (4),$$

Для оценки асимметрии (скошенности) спектра используют коэффициент асимметрии A_s , который определяется по формуле:

$$A_s = \frac{\mu_3}{\sigma^3}, \quad (5),$$

где μ_3 — центральный статический момент 3-го порядка.

За оценку коэффициента крутости приняли искусственно созданную величину, которую называли эксцессом E_{λ} (вычисляется по формуле):

$$E_{\lambda} = \frac{\mu_4}{\sigma^4} - 3, \quad (6),$$

где μ_4 — центральный статический момент 4-го порядка.

Полная энергия люминесценции в диапазоне длин волн λ_1 – λ_2 вычисляется по формуле:

$$E = 1240 \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \frac{1}{\lambda} \varphi(\lambda) d\lambda, \quad (7),$$

В процессе обработки был вычислен стоксов сдвиг, который равен разности длин волн максимумов кривых спектров люминесценции и возбуждения¹.

¹ Зиенко С.И., Беляков М.В., Малышкин В.В. Новые методы и средства спектрально-люминесцентного анализа семян растений: монография. Смоленск: Универсум. 2020; 184.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Трехмерный спектр люминесценции представлен на рисунке 1.

Спектр возбуждения находится в спектральном диапазоне 220–320 нм (ультрафиолетовое излучение) и имеет несколько максимумов: наибольший на длине волны примерно 290 нм, далее по убыванию — 275 нм, 265 нм, 248 нм и 230 нм. Спектр фотолюминесценции одномаксимальный с максимумом примерно на 337 нм и расположен в области 310–440 нм.

Были проведены сравнительные исследования спектров инкубационных яиц кур, уток, гусей и перепелов. Усредненные результаты представлены на рисунке 2.

Зависимости $\eta_{\lambda}(\lambda)$ и $\phi_{\lambda}(\lambda)$ для всех исследованных видов яиц имеют схожий вид, отличие заключается лишь в количественной величине спектров: для куриных, утиных и гусиных яиц расположение кривых и значения максимумов выше, чем у перепелиных. При этом закономерно уровни максимумов для светлой части перепелиных яиц будут выше темной (примерно в 2,2–2,5 раза).

В коротковолновой области максимумы для утиных и гусиных яиц превосходят максимумы для куриных. Спектры перепелиных яиц имеют качественные отличия от куриных, утиных и гусиных. У них на 10 нм меньше стоков сдвиг: примерно 36 нм для перепелиных, около 46 нм для остальных. Также точка пересечения графиков η_{λ} и ϕ_{λ} находится в более коротковолновой области: 302 нм для темной части, 305 нм — для светлой, в то время как для куриных, утиных и гусиных — примерно на 308–309 нм.

Провели сравнительное исследование светлоскорлупных куриных инкубационных яиц и таких же яиц заведомо неоплодотворенных. Измерили спектры $\eta_{\lambda}(\lambda)$ и $\phi_{\lambda}(\lambda)$ и рассчитали интегральные параметры H и Φ , а также стоков сдвиг. Полученные результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1. Параметры спектров инкубационных оплодотворенных и неоплодотворенных яиц

Table 1. Parameters of incubation spectra of fertilized and unfertilized eggs

Вид яиц	$\Delta\lambda$, нм	H , о. е.	Φ , о. е.
Инкубационные оплодотворенные	42 ± 2	594 ± 193	971 ± 327
Неоплодотворенные	32 ± 4	230 ± 33	363 ± 58

Таблица 2. Статистические и энергетические параметры спектров возбуждения куриных яиц

Table 2. Statistical and energy parameters of the excitation spectra of chicken eggs

Вид яиц	M_{λ} , нм	σ^2	As	E_{λ}	E , эВ	H , о. е.
Темноскорлупные столовые	$272 \pm 0,2$	407 ± 2	$-0,43 \pm 0,01$	$-0,54 \pm 0,01$	$4,58 \pm 0,01$	883 ± 85
Темноскорлупные инкубационные	$273 \pm 0,3$	404 ± 3	$-0,45 \pm 0,01$	$-0,53 \pm 0,02$	$4,55 \pm 0,01$	2469 ± 355
Белоскорлупные столовые	$274 \pm 0,2$	411 ± 1	$-0,42 \pm 0,00$	$-0,59 \pm 0,01$	$4,55 \pm 0,00$	768 ± 32
Белоскорлупные инкубационные	$273 \pm 0,3$	398 ± 3	$-0,47 \pm 0,01$	$-0,47 \pm 0,02$	$4,55 \pm 0,01$	2308 ± 732

Таблица 3. Статистические параметры спектров люминесценции куриных яиц

Table 3. Statistical parameters of luminescence spectra of chicken eggs

Вид яиц	M_{λ} , нм	σ^2	As	E_{λ}	E , эВ	Φ , о. е.
Темноскорлупные столовые	$343 \pm 0,3$	494 ± 6	$0,75 \pm 0,01$	$-0,04 \pm 0,03$	$3,63 \pm 0,00$	921 ± 85
Темноскорлупные инкубационные	$344 \pm 0,5$	493 ± 6	$0,70 \pm 0,03$	$-0,10 \pm 0,05$	$3,61 \pm 0,01$	2595 ± 390
Белоскорлупные столовые	$349 \pm 0,3$	499 ± 3	$0,53 \pm 0,01$	$-0,34 \pm 0,02$	$3,57 \pm 0,01$	856 ± 39
Белоскорлупные инкубационные	$347 \pm 0,5$	507 ± 6	$0,56 \pm 0,02$	$-0,32 \pm 0,04$	$3,58 \pm 0,01$	2667 ± 845

Рис. 1. Трехмерный спектр люминесценции куриного светлоскорлупного яйца

Fig. 1. Three-dimensional luminescence spectrum of a light-shelled chicken egg

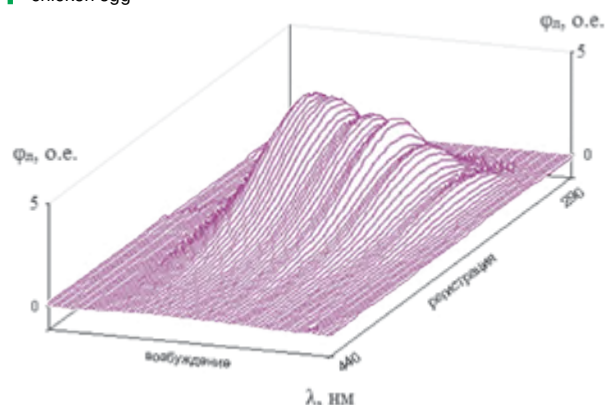
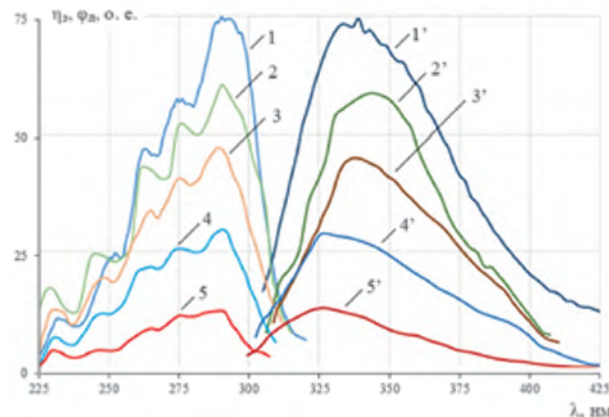


Рис. 2. Спектр возбуждения (1–5) и люминесценции (1'–5') яиц:

1 и 1' — куриных, 2 и 2' — утиных, 3 и 3' — гусиных, 4 и 4' — перепелиных (светлая часть), 5 и 5' — перепелиных (темная часть)

Fig. 2. Excitation (1–5) and luminescence spectra (1'–5') of eggs: 1 and 1' — chicken, 2 and 2' — duck, 3 and 3' — goose, 4 and 4' — quail (light part), 5 and 5' — quail (dark part)



Видно, что стоков сдвиг для неоплодотворенных яиц меньше, чем для оплодотворенных инкубационных. Для инкубационных яиц отмечаются существенно большие (в 2,6–2,7 раза) средние интегральные параметры H и Φ , чем у заведомо неоплодотворенных. Заметно отличается вариабельность: для неоплодотворенных яиц в 5,6–5,8 раза меньше. Это может объясняться связью параметров фотолюминесценции и параметров инкубации.

Был проведен эксперимент по измерению спектральных характеристик столовых и инкубационных светлоскорлупных и темноскорлупных яиц, по итогам которого были рассчитаны усредненные статистические параметры — математическое ожидание, дисперсия, асимметрия, эксцесс, энергия спектра, а также интегральная поглощательная способность и поток фотолюминесценции. Результаты расчетов представлены в таблицах 2, 3.

Математические ожидания для всех типов исследованных яиц практически не отличаются: 272–274 нм для возбуждения, 343–349 нм для люминесценции. Погрешность определения математического ожидания незначительная: 0,07–0,15%. Дисперсия мало отличается для различных типов яиц, но

у спектров фотолюминесценции она примерно на 25% больше. Все графики возбуждения имеют левостороннюю асимметрию ($A_s < 0$), а графики фотолюминесценции — правостороннюю. Однако если для возбуждения асимметрия для всех типов исследованных яиц отличается мало, то у люминесценции темноскорлупных яиц (как столовых, так и инкубационных) асимметрия в 1,25–1,42 раза больше.

Подобная тенденция прослеживается для параметра островершинности — эксцесса. Для всех спектров он отрицательный, то есть кривые плосковершинные. Плосковершинность меньше для зависимостей $\varphi_{\lambda}(\lambda)$, причем для темноскорлупных столовых яиц кривая близка к колоколообразной.

Значения энергии спектров практически не зависят от типа исследованных яиц. Величины асимметрии, эксцесса и энергии спектра определяются с очень высокой точностью и мало отличаются в пределах каждой исследованной группы.

Интегральная поглощательная способность столовых яиц значительно (в 2,8–3,0 раза) меньше, чем у инкубационных, и имеет существенно меньшую погрешность определения — 4,1–9,7% против 14,4–31,7% у инкубационных. Аналогичная тенденция просматривается и для потока фотолюминесценции. Для инкубационных

яиц он больше в 2,8–3,1 раза, погрешность его определения выше — 15–32%.

Выводы/Conclusion

Фотолюминесцентные свойства яиц сельскохозяйственной птицы проявляются в ультрафиолетовой области спектра при возбуждении около 290 нм и регистрации люминесцентного свечения в диапазоне 310–440 нм. Качественно спектры различных видов домашних птиц (кур, уток, гусей, перепелов) схожи с незначительным (около 10 нм) различием стокового сдвига.

Для оплодотворенных куриных яиц поток фотолюминесценции в 2,7 раза больше, чем у неоплодотворенных, при этом разброс значений для неоплодотворенных яиц в 5,6 раза меньше ($p = 0,9$). Такие параметры спектров, как асимметрия и эксцесс, существенно различаются для люминесценции темно- и светлоскорлупных куриных яиц. Такие показатели, как математическое ожидание, дисперсия и энергия спектра, практически одинаковы для темно- и светлоскорлупных инкубационных и столовых куриных яиц. Для столовых яиц интегральные энергетические параметры в 2,8–3,1 раза больше, чем у инкубационных. Разброс интегральных параметров для инкубационных яиц в несколько раз больше — свыше 30%, в то время как у столовых не более 15%.

Автор несет ответственность за работу и представленные данные. Автор несет ответственность за плагиат. Автор объявил об отсутствии конфликта интересов.

The author is responsible for the work and the submitted data. The author is responsible for plagiarism. The author declared no conflict of interest.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Якименко И., Бесулин В., Бессарабов Б. Эффективность облучения яиц красным лазерным светом. *Птицеводство*. 2002; (4): 10–12. <https://elibrary.ru/ulcihl>
2. Бедило Н.М., Пузик А.А., Беляков М.В. Обработка инкубационных яиц излучением гелиевой плазмы. *Зоотехния*. 2005; (9): 22–24. <https://elibrary.ru/jxdgmb>
3. Guanjun B., Mimi J., Yi X., Shibo C., Qinghua Y. Cracked egg recognition based on machine vision. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2019; 158: 159–166. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.01.005>
4. Soltani M., Omid M. Detection of poultry egg freshness by dielectric spectroscopy and machine learning techniques. *LWT — Food Science and Technology*. 2015; 62(2): 1034–1042. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.02.019>
5. Добренко А., Хвосторезов П. Определение оплодотворенности яиц до инкубации. *Птицеводство*. 2011; (6): 13–14. <https://elibrary.ru/nxtcbb>
6. Turkoglu M. Defective egg detection based on deep features and Bidirectional Long-Short-Term-Memory. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2021; 185: 106152. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2021.106152>
7. Galli R. *et al.* Sexing of chicken eggs by fluorescence and Raman spectroscopy through the shell membrane. *PLoS ONE*. 2018; 13(2): e0192554. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0192554>
8. Krautwald-Junghanns M.-E. *et al.* Current approaches to avoid the culling of day-old male chicks in the layer industry, with special reference to spectroscopic methods. *Poultry Science*. 2018; 97(3): 749–757. <https://doi.org/10.3382/ps/pex389>
9. Preuße G. *et al.* Highly sensitive and quick in ovo sexing of domestic chicken eggs by two-wavelength fluorescence spectroscopy. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. 2023; 415(4): 603–613. <https://doi.org/10.1007/s00216-022-04446-0>
10. Corion M., Keresztes J., De Ketelaere B., Saeys W. In ovo sexing of eggs from brown breeds with a gender-specific color using visible-near-infrared spectroscopy: effect of incubation day and measurement configuration. *Poultry Science*. 2022; 101(5): 101782. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.101782>
11. Ревякин А.О., Стефанова И.Л., Шахназарова Л.В., Клименкова А.Ю. Колориметрическая оценка степени готовности яйца при термической обработке. *Птица и птицепродукты*. 2023; (1): 62–64. <https://doi.org/10.30975/2073-4999-2023-25-1-62-64>

ОБ АВТОРАХ

Михаил Владимирович Беляков

доктор технических наук, главный научный сотрудник лаборатории инновационных технологий и технических средств кормления в животноводстве
bmw20100@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4371-8042>

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ,
1-й Институтский проезд, 5, Москва, 109428, Россия

REFERENCES

1. Yakimenko I., Besulin V., Bessarabov B. Efficiency of irradiation of eggs with red laser light. *Ptisevodstvo*. 2002; (4): 10–12 (In Russian). <https://elibrary.ru/ulcihl>
2. Bedilo N.M., Puzik A.A., Belyakov M.V. Processing of incubation eggs radiation of helium plasma. *Zootekhnika*. 2005; (9): 22–24 (In Russian). <https://elibrary.ru/jxdgmb>
3. Guanjun B., Mimi J., Yi X., Shibo C., Qinghua Y. Cracked egg recognition based on machine vision. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2019; 158: 159–166. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.01.005>
4. Soltani M., Omid M. Detection of poultry egg freshness by dielectric spectroscopy and machine learning techniques. *LWT — Food Science and Technology*. 2015; 62(2): 1034–1042. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.02.019>
5. Dobrenko A., Khvostorezov P. Definition of eggs to an incubation. *Ptisevodstvo*. 2011; (6): 13–14 (In Russian). <https://elibrary.ru/nxtcbb>
6. Turkoglu M. Defective egg detection based on deep features and Bidirectional Long-Short-Term-Memory. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2021; 185: 106152. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2021.106152>
7. Galli R. *et al.* Sexing of chicken eggs by fluorescence and Raman spectroscopy through the shell membrane. *PLoS ONE*. 2018; 13(2): e0192554. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0192554>
8. Krautwald-Junghanns M.-E. *et al.* Current approaches to avoid the culling of day-old male chicks in the layer industry, with special reference to spectroscopic methods. *Poultry Science*. 2018; 97(3): 749–757. <https://doi.org/10.3382/ps/pex389>
9. Preuße G. *et al.* Highly sensitive and quick in ovo sexing of domestic chicken eggs by two-wavelength fluorescence spectroscopy. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. 2023; 415(4): 603–613. <https://doi.org/10.1007/s00216-022-04446-0>
10. Corion M., Keresztes J., De Ketelaere B., Saeys W. In ovo sexing of eggs from brown breeds with a gender-specific color using visible-near-infrared spectroscopy: effect of incubation day and measurement configuration. *Poultry Science*. 2022; 101(5): 101782. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.101782>
11. Revyakin A.O., Stefanova I.L., Shakhnazarova L.V., Klimentkova A.Yu. Colorimetric assessment of egg readiness degree during thermal treatment. *Poultry & Chicken Products*. 2023; (1): 62–64 (In Russian). <https://doi.org/10.30975/2073-4999-2023-25-1-62-64>

ABOUT THE AUTHORS

Mikhail Vladimirovich Belyakov

Doctor of Technical Sciences, Chief Researcher of the Laboratory of Innovative technologies and technical means of feeding in animal husbandry
bmw20100@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4371-8042>

Federal Scientific Agroengineering Center VIM,
5 1st Institute Passage, Moscow, 109428, Russia

Е.В. Казанцев
Н.Б. Кондратьев ✉
О.С. Руденко

Всероссийский научно-исследовательский институт кондитерской промышленности — филиал Федерального научного центра пищевых систем им. В.М. Горбатова Российской академии наук, Москва, Россия

✉ conditerprom_lab@mail.ru

Поступила в редакцию:
10.08.2023

Одобрена после рецензирования:
27.12.2023

Принята к публикации:
10.01.2024

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-378-1-118-122

Egor V. Kazantsev
Nikolai B. Kondratiev ✉
Oksana S. Rudenko

All-Russian Scientific Research Institute of Confectionery Industry — Branch of V.M. Gorbатов Federal Scientific Center of Food Systems of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

✉ conditerprom_lab@mail.ru

Received by the editorial office:
10.08.2023

Accepted in revised:
27.12.2023

Accepted for publication:
10.01.2024

Повышение сохранности и качества желеино-фруктового мармелада, содержащего подсластители

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Кондитерские изделия с пониженной калорийностью, такие как мармелад, содержащие фруктовое сырье, какао продукты, входят в рацион питания потребителей, пользуются высоким спросом и ассоциируются с продукцией здорового питания.

Методы. Цель работы — выявить закономерности изменений качества желеино-фруктового мармелада, содержащего подсластители эритрит и ксилит, в процессе хранения.

В качестве фруктового сырья использовано пюре из яблок. Обоснованы подсластители эритрит и ксилит для частичного замены сахара белого. В лабораторных условиях изготовлены образцы желеино-фруктового мармелада с 50%-ной заменой сахара белого полиолами. Изготовление мармелада включало приготовление агаро-сахарного сиропа, подготовку фруктового полуфабриката, добавление подсластителей, модифицированного крахмала, патоки, уваривание рецептурной смеси до массовой доли влаги 18–23%, введение 50%-ного раствора лимонной кислоты, охлаждение до температуры 82–83 °C и формовки отливкой формы. Образцы упаковывали в полипропиленовую пленку толщиной 35 мкм и помещали на хранение в климатическую камеру при температуре 18 °C и относительной влажности окружающего воздуха 40%.

Результаты. Исследованы массовая доля влаги, активность воды, прочность, вкус, цвет, запах образцов мармелада в процессе хранения. Определено, что после 14 недель хранения прочность контрольного образца увеличилась на 2%, образца № 1 — на 20,4%, образцов № 2, 3 — на 11,1% и 16,4% соответственно. Форма изготовленных образцов правильная, без наличия дефектов корпуса. Установлено, что образцы обладали высокими органолептическими свойствами, при этом наименьшие потери влаги на протяжении всего исследованного периода хранения выявлены у образца № 2, содержащего эритрит.

Ключевые слова: кондитерские изделия, желеино-фруктовый мармелад, подсластители, сохранность, оценка качества

Для цитирования: Казанцев Е.В., Кондратьев Н.Б., Руденко О.С. Повышение сохранности и качества желеино-фруктового мармелада, содержащего подсластители. *Аграрная наука*. 2024; 378(1): 118–122. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-378-1-118-122>

© Казанцев Е.В., Кондратьев Н.Б., Руденко О.С.

Improving the safety and quality of jelly-fruit marmalade, recommendations for sweeteners

ABSTRACT

Relevance. Reduced calorie confectionery products, such as marmalade containing fruit raw materials, cocoa products, are included in the diet of consumers, are in high demand and are associated with healthy food products.

Methods. The aim of the work is to identify patterns of changes in the quality of jelly-fruit marmalade containing sweeteners erythritol and xylitol during storage. Apple puree was used as a fruit raw material. The sweeteners erythritol and xylitol are justified for partial replacement of white sugar. Samples of jelly-fruit marmalade with 50% replacement of white sugar with polyols were made in the laboratory. The production of marmalade included the preparation of agar-sugar syrup, the preparation of a semi-finished fruit product, the addition of sweeteners, modified starch, molasses, boiling the formulation mixture to a mass fraction of moisture of 18–23%, the introduction of a 50% solution of citric acid, cooling to a temperature of 82–83 °C and molding by casting a mold. The samples were packed in a polypropylene film with a thickness of 35 microns and stored in a climatic chamber at a temperature of 18 °C and a relative humidity of 40% of the ambient air.

Results. The mass fraction of moisture, water activity, strength, taste, color, and smell of marmalade samples during storage were studied. It was determined that after 14 weeks of storage, the strength of the control sample increased by 2%, sample No. 1 — by 20.4%, samples No. 2, 3 — by 11.1% and 16.4%, respectively. The shape of the manufactured samples is correct, without the presence of body defects. It was found that the samples had high organoleptic properties, while the least moisture loss during the entire studied storage period was detected in sample No. 2 containing erythritol.

Key words: confectionery, fruit jelly, sweeteners, preservation, quality assessment

For citation: Kazantsev E.V., Rudenko O.S., Kondratiev N.B. Improving the safety and quality of jelly-fruit marmalade, recommendations for sweeteners. *Agrarian science*. 2024; 378(1): 118–122 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-378-1-118-122>

© Kazantsev E.V., Kondratiev N.B., Rudenko O.S.

Введение/Introduction

Сахаристые кондитерские изделия являются неотъемлемой составляющей рациона питания населения Российской Федерации. Желейно-фруктовый, фруктовый, фруктово-ягодный мармелад, содержащий продукты переработки фруктов, востребован потребителем и предлагается в широком ассортименте отечественными производителями [1–4]. Согласно разработанной стратегии повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года¹ пищевые продукты, в том числе сахаристые кондитерские изделия с высокой энергетической ценностью, могут быть причиной избыточного веса и ослабления иммунитета у потребителей.

Согласно исследованиям, с 2023 года более 4 млрд человек будут страдать ожирением или избыточным весом в течение следующих 12 лет². Поэтому необходимо создание продуктов питания, состав которых полностью или частично исключает высококалорийные компоненты. Для решения данной задачи используют фруктово-ягодное пюре, многоатомные спирты полиолы в качестве подсластителей, такие как ксилит и эритрит, которые могут быть использованы для изготовления кондитерских изделий со сниженной калорийностью.

Полиолы содержатся в различных фруктах и овощах. Например, сорбит — в сливах, эритрит — в винограде, пасте из соевых бобов, ксилит — в желтой сливе, землянике, цветной капусте [5]. Для промышленного применения полиолы получают из углеводов, содержащихся в кукурузе, пшенице, сахарной свекле, методом ферментативного гидролиза. Определяющей характеристикой полиолов от моно- и дисахаридов является наличие спиртовой группы вместо карбонильной в альдозной и кетозной частях молекул [6].

Эритрит менее сладкий (на 40%), чем сахароза, его калорийность составляет 0,2 ккал/г. Кондитерские изделия, изготовленные на основе эритрита, снижают риск образования кариеса у потребителей по сравнению с изделиями, содержащими сахарозу и сорбит. При этом суточная норма потребления эритрита должна составлять, по данным авторов работы [7], не более 1 г на 1 кг веса человека, так как в больших количествах он может приводить к слабительному эффекту. Органолептические и физические свойства эритрита близки сахарозе, поэтому эритрит может использоваться в технологиях пищевых систем, включая желейно-фруктовый мармелад [8–10].

Преимущества применения ксилита в составе кондитерских изделий заключаются в малой калорийности, пребиотическом действии, возможности употребления лицами с диабетом. Частичная замена сахарозы ксилитом (до 50%) может быть рекомендована для получения различных фруктовых джемов с пониженной калорийностью, в том числе из дыни (*Cucumis melo*) [11, 12]. Безопасность полиолов является объектом исследований ученых и экспертов, в том числе европейского агентства по безопасности пищевых продуктов [13].

При этом остро стоит проблема повышения сохранности кондитерских изделий, включая желейно-фруктовый мармелад. Сохранность таких изделий зависит от их рецептурного и химического состава, свойств упа-

ковки, процессов миграции молекул свободной влаги, колебаний условий хранения [14].

В работе авторов [15] приведены результаты исследований физико-химических свойств и текстуры образцов мармелада, для изготовления которого применяли различные соотношения глюкозного сиропа, сахарозы, крахмала и желатина. Образцы хранили до 52 недель при различных температурах. Установлено, что соотношение глюкозного сиропа и сахарозы, равное 1,5 в рецептурном составе мармелада, позволило получить наилучшие органолептические показатели качества мармелада в процессе хранения.

Исследованы свойства образцов джемов, содержащих сахарозу, фруктозу, ксилит, эритрит, пюре ягод черники, пектин, в процессе их хранения в течение 9 месяцев. Образцы джемов на основе эритрита обладали более интенсивным красным цветом при значительно низких показателях ежевичного вкуса. Авторами подтверждено, что диетические джемы на основе ксилита и эритрита выдерживают более 9 месяцев хранения, а их органолептические свойства выше по сравнению со свойствами образцов на основе сахарозы и фруктозы [16].

Цель работы — выявить закономерности изменений качества желейно-фруктового мармелада, содержащего подсластители эритрит и ксилит, в процессе хранения.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Объектами исследований, проведенных в 2023 г., являлись образцы желейно-фруктового мармелада, изготовленные в лабораторных условиях ВНИИКП (табл. 1).

В качестве регулятора кислотности использовали 50%-ный водный раствор лимонной кислоты (партия: 6MT190426, Китай).

Изготовленные образцы упаковывали в полипропиленовую пленку толщиной 35 мкм (ООО «ИСПАТЭК С», Россия, ТУ 2245-003-70398464-2016) и помещали на хранение в климатическую камеру при температуре 18 °С и относительной влажности окружающего воздуха 40%.

Таблица 1. Содержание основных компонентов в исследованных образцах

Table 1. The content of the main components in the studied samples

Компоненты	Наименование образцов			
	контроль	№ 1	№ 2	№ 3
Сахар белый по ГОСТ 33222-2015 ³ , %	70,0	35,0	35,0	35,0
Эритрит (ИП Астахов П.А., Россия), %	–	35,0	–	17,5
Ксилит (ООО «Компания «Сладкий мир»», Россия), %	–	–	35,0	17,5
Пюре яблочное (ООО «Мастера вкуса», СТО 36273676-001-2020), %		20,0		
Модифицированный крахмал Е1412 (дикрахмалфосфат этерифицированный) (ООО «Компания «Сладкий мир»», Россия), %		3,0		
Агар-агар пищевой 800 GS, E406, (Marine hydrocolloids, Индия), %		2,0		

¹ Стратегия повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года (Распоряжение Правительства РФ от 29.06.2016 № 1364-п). <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293754/4293754018.pdf>

² World Obesity Atlas. 2023. Global study predicts that more than half the global population will be living with overweight and obesity within 12 years if prevention, treatment and support do not improve. <https://www.worldobesity.org/resources/resource-library/world-obesity-atlas-2023>

³ ГОСТ 33222-2015 Сахар белый. Технические условия.

Массовую долю влаги измеряли по ГОСТ 5900⁴, активность воды определяли по ГОСТ ISO 21807⁵, органолептические показатели исследованы в соответствии с ГОСТ 5897⁶.

Прочность образцов измеряли с помощью структурометра СТ-2 (ООО «Лаборатория качества», Россия).

Математическая обработка проведена с использованием программного обеспечения Excel 2019 (США).

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Изготовление мармелада включало приготовление агаро-сахарного сиропа, подготовку фруктового полуфабриката, добавление подсластителей, модифицированного крахмала и патоки, уваривание рецептурной смеси до массовой доли влаги 18–23%, введение 50%-ного раствора лимонной кислоты⁷, охлаждение до температуры 82–83 °С и отливку в полимерные формы. Образцы изготовленного мармелада показаны на рисунке 1.

Проведены исследования влияния подсластителей эритрита и ксилита на сохранность желеино-фруктового мармелада.

Срок годности кондитерских изделий в настоящее время устанавливается производителем. Ранее срок хранения желеино и фруктово-ягодного формового мармелада составлял два-три месяца^{8, 9}. Поэтому для обоснования срока годности три месяца проводили исследования с учетом коэффициента резерва для нескоропортящихся продуктов, который в соответствии с МУК 4.2.1847¹⁰ составляет 1,15.

В процессе 14 недель хранения массовая доля влаги уменьшилась во всех образцах на 1,4–3,1% (рис. 2).

Наибольшая потеря влаги у образцов с полиолами отмечена для образца № 1 с заменой 50% сахара белого ксилитом, № 3 — с заменой 50% сахара белого смесью эритрита и ксилита в соотношении 1:1. При этом наименьшие потери влаги на протяжении всего исследованного периода хранения выявлены у образца № 2, содержащего эритрит.

Массовая доля влаги образцов мармелада соответствовала требованиям⁶.

Активность воды образцов уменьшилась незначительно — с 0,666 до 0,655, что прогнозирует низкий риск микробиологической порчи.

Аналогичные результаты исследований органолептических показателей получены учеными при хранении мармелада с добавлением пюре из моркови [11].

Использование ксилита, сорбита и их смеси в составе образцов мармелада оказало значимое влияние на прочность его корпусов (рис. 3).

После 14 недель хранения прочность контрольного образца увеличилась на 26%, образца № 1 — на 20,4%, образцов № 2, 3 — на 11,1% и 16,4% соответственно. Минимальные значения прочности образцов № 1, 2 после

Рис. 1. Образцы изготовленного желеино-фруктового мармелада
Fig. 1. Samples of manufactured jelly fruit marmalade

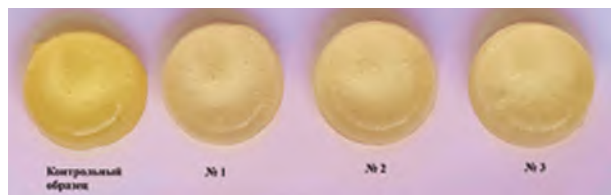


Рис. 2. Изменение массовой доли влаги в образцах желеино-фруктового мармелада в процессе хранения при температуре 18 °С
Fig. 2. Change in the mass fraction of moisture in samples of jelly-fruit marmalade during storage at a temperature of 18 °С

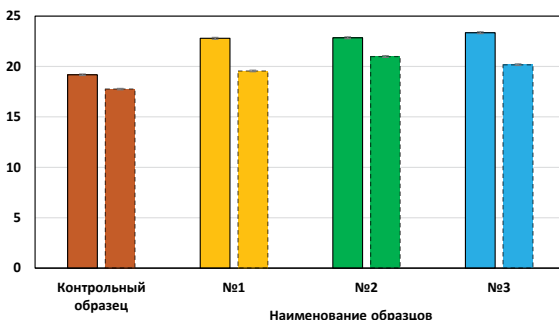


Рис. 3. Прочность корпусов желеино-фруктового мармелада в процессе хранения при температуре 18 °С
Fig. 3. The strength of the hulls of jelly-fruit marmalade during storage at a temperature of 18 °С

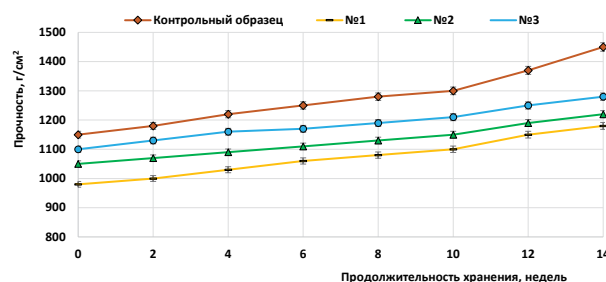
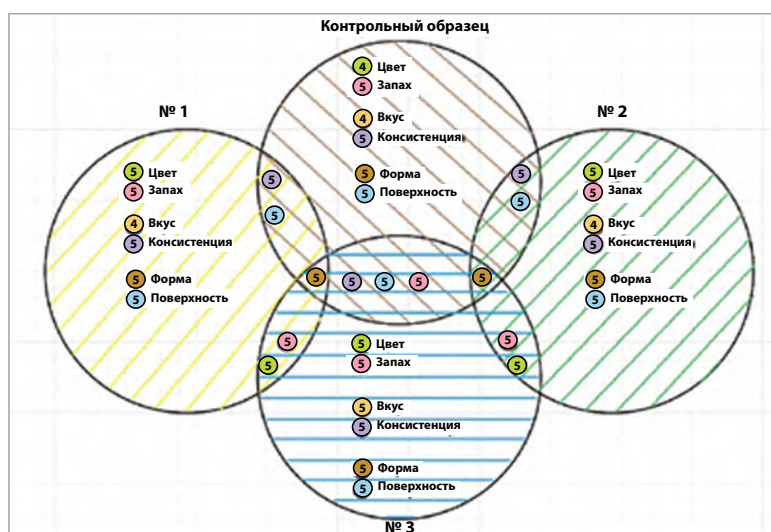


Рис. 4. Диаграмма Эйлера — Венна органолептического профиля образцов желеино-фруктового мармелада после 14 недель хранения при температуре 18 °С

Fig. 4. Euler — Venn diagram of the organoleptic profile of fruit jelly samples after 14 weeks of storage at 18 °С



⁴ ГОСТ 5900-2014 Изделия кондитерские. Методы определения массовой доли влаги и сухих веществ. М.: Стандартинформ. 2015; 13.

⁵ ГОСТ ISO 21807-2015 Микробиология пищевой продукции и кормов. Определение активности воды. М.: Стандартинформ. 2016; 16.

⁶ ГОСТ Р 5897-90 Изделия кондитерские. Методы определения органолептических показателей качества, размеров, массы нетто и составных частей. М.: Стандартинформ. 2012; 8.

⁷ ГОСТ 908-2004 Межгосударственный стандарт. Кислота лимонная «Моногидрат» пищевая. Технические условия.

⁸ ГОСТ 6442-2014 Мармелад. Общие технические условия. М.: Стандартинформ. 2015; 11.

⁹ ГОСТ 6442-89 Мармелад. Технические условия. М.: Государственный комитет СССР по стандартам. 1989; 7.

¹⁰ МУК 4.2.1847 Санитарно-эпидемиологическая оценка обоснования сроков годности и условий хранения пищевых продуктов. Методические указания.

14 недель хранения обусловлены низкой молекулярной массой ксилита и эритрита относительно сахарозы и удержанием гидроксильных групп свободной влаги с образованием дополнительных водородных связей.

Исследованы органолептические показатели качества модельных образцов мармелада в процессе хранения (рис. 4).

Установлено, что после 14 недель хранения форма изготовленных образцов правильная, без дефектов корпуса.

Образцы после хранения обладают студнеобразной консистенцией и глянцевой ровной поверхностью, что соответствует данным, полученным авторами работы [16].

В результате исследований установлено, что наименьшие отличия от контрольного образца выявлены для мармелада, содержащего 50% сахара белого и смесь полиолов (эритрит, ксилит) в соотношении 1:1. Такой мармелад может быть рекомендован для людей с

проблемами, связанными с обменом веществ и с целью снижения калорийности рациона питания.

Выводы/Conclusion

Исследовано влияние подсластителей эритрита и ксилита в составе желеино-фруктового мармелада на его сохранность при температуре 18 °C и относительной влажности воздуха 40%. Установлено, что после 14 недель хранения образцы мармелада обладали высокими органолептическими показателями, при этом у образца № 2, содержащего эритрит, выявлены наименьшие потери влаги на протяжении всего исследованного периода хранения. Наименьшие отличия органолептических показателей в процессе хранения выявлены для образца, содержащего 50% сахара белого и смесь полиолов (эритрит, ксилит) в соотношении 1:1. Такое соотношение углеводов может быть использовано для изготовления мармелада с пониженной энергетической ценностью.

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные.

Все авторы внесли равный вклад в работу.

Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат.

Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

All authors made an equal contribution to the work.

The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism.

The authors declare no conflict of interest.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование выполнено в рамках государственного задания № FGUS-2022-0007 Федерального научного центра пищевых систем им. В.М. Горбатова Российской академии наук.

FUNDING

The study was carried out within the framework of the state assignment No. FGUS-2022-0007 of the state assignment of the V.M. Gorbatoev Federal Research Center for Food Systems of the Russian Academy of Sciences.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Боженова В.В., Баланов П.Е., Смотраева И.В. Разработка рецептуры и технологии диетического клюквенного мармелада на эритритоле. *Вестник КрасГАУ*. 2022; (10): 187–194. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2022-10-187-194>
2. Магомедов Г.О., Плотникова И.В., Литвинова А.А., Магомедов М.Г., Плотников В.Е. Технологические аспекты приготовления желеино-фруктового мармелада пониженной сахаросодержимости и калорийности с использованием натурального углеводосодержащего продукта. *Вестник ВГУИТ*. 2022; 84(2): 200–209. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2022-2-200-209>
3. Полуянова М.А., Попов В.Г. Биотехнологические аспекты разработки мармелада функциональной направленности с использованием молочной сыворотки для профилактики заболеваний желудочно-кишечного тракта. *Индустрия питания*. 2022; 7(2): 72–79. <https://doi.org/10.29141/2500-1922-2022-7-2-8>
4. Чоманов У.Ч., Жумалиева Г.Е., Идаятова М.А., Муратханов Д.Б., Жумалиева Г.Т. Использование продуктов переработки бахчевых культур в производстве мармелада. *Ползуновский вестник*. 2023; (2): 98–106. <https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2023.02.012>
5. Jovanovic-Malinovska R., Kuzmanova S., Winkelhausen E. Oligosaccharide Profile in Fruits and Vegetables as Sources of Prebiotics and Functional Foods. *International Journal of Food Properties*. 2014; 17(5): 949–965. <https://doi.org/10.1080/10942912.2012.680221>
6. Rakicka-Pustulka M., Mirończuk A.M., Celińska E., Białas W., Rymowicz W. Scale-up of the erythritol production technology — Process simulation and techno-economic analysis. *Journal of Cleaner Production*. 2020; 257: 120533. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120533>
7. de Cock P., Mäkinen K., Honkala E., Saag M., Kennepohl E., Eapen A. Erythritol Is More Effective Than Xylitol and Sorbitol in Managing Oral Health Endpoints. *International Journal of Dentistry*. 2016; 2016: 9868421. <https://doi.org/10.1155/2016/9868421>
8. Nastaj M., Sołowiej B.G., Terpiłowski K., Kucia W., Tomasevic I.B., Peréz-Huertas S. The Effect of Erythritol on the Physicochemical Properties of Reformulated, High-Protein, and Sugar-Free Macarons Produced from Whey Protein Isolate Intended for Diabetics, Athletes, and Physically Active People. *Foods*. 2023; 12(7): 1547. <https://doi.org/10.3390/foods12071547>
9. Nastaj M. et al. Development and physicochemical properties of reformulated, high-protein, untempered sugar-free dark chocolates with addition of whey protein isolate and erythritol. *International Dairy Journal*. 2022; 134: 105450. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2022.105450>
10. Park J.J., Olawuyi I.F., Park G.D., Lee W.Y. Effects of gelling agents and sugar substitutes on the quality characteristics of carrot jelly. *Korean Journal of Food Preservation*. 2021; 28(4): 469–479. <https://doi.org/10.11002/kjfp.2021.28.4.469>
11. Le H., Wang X., Wei Y., Zhao Y., Zhang J., Zhang L. Making Polyol Gummies by 3D Printing: Effect of Polyols on 3D Printing Characteristics. *Foods*. 2022; 11(6): 874. <https://doi.org/10.3390/foods11060874>

REFERENCES

1. Bozhonova V.V., Balanov P.E., Smotraeva I.V. Formulation and technology development of dietary cranberry marmalade on erythritol. *Bulliten KrasSAU*. 2022; (10): 187–194 (In Russian). <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2022-10-187-194>
2. Magomedov G.O., Plotnikova I.V., Litvinova A.A., Magomedov M.G., Plotnikov V.E. Technological aspects of the preparation of jelly marmalade of reduced sugar content and caloric content using a natural carbohydrate-containing product. *Vestnik VGUIT [Proceedings of VSUET]*. 2022; 84(2): 200–209 (In Russian). <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2022-2-200-209>
3. Polyanova M.A., Popov V.G. Biotechnological Aspects of the Functional Marmalade Development Using Whey for the Gastrointestinal Diseases Prevention. *Food Industry*. 2022; 7(2): 72–79 (In Russian). <https://doi.org/10.29141/2500-1922-2022-7-2-8>
4. Chomanov U.Ch., Zhumaliev G.E., Idayatova M.A., Muratkhanov D.B., Zhumaliev G.T. Use of melon processing products in production of marmalade. *Polzunovskiy vestnik*. 2023; (2): 98–106 (In Russian). <https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2023.02.012>
5. Jovanovic-Malinovska R., Kuzmanova S., Winkelhausen E. Oligosaccharide Profile in Fruits and Vegetables as Sources of Prebiotics and Functional Foods. *International Journal of Food Properties*. 2014; 17(5): 949–965. <https://doi.org/10.1080/10942912.2012.680221>
6. Rakicka-Pustulka M., Mirończuk A.M., Celińska E., Białas W., Rymowicz W. Scale-up of the erythritol production technology — Process simulation and techno-economic analysis. *Journal of Cleaner Production*. 2020; 257: 120533. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120533>
7. de Cock P., Mäkinen K., Honkala E., Saag M., Kennepohl E., Eapen A. Erythritol Is More Effective Than Xylitol and Sorbitol in Managing Oral Health Endpoints. *International Journal of Dentistry*. 2016; 2016: 9868421. <https://doi.org/10.1155/2016/9868421>
8. Nastaj M., Sołowiej B.G., Terpiłowski K., Kucia W., Tomasevic I.B., Peréz-Huertas S. The Effect of Erythritol on the Physicochemical Properties of Reformulated, High-Protein, and Sugar-Free Macarons Produced from Whey Protein Isolate Intended for Diabetics, Athletes, and Physically Active People. *Foods*. 2023; 12(7): 1547. <https://doi.org/10.3390/foods12071547>
9. Nastaj M. et al. Development and physicochemical properties of reformulated, high-protein, untempered sugar-free dark chocolates with addition of whey protein isolate and erythritol. *International Dairy Journal*. 2022; 134: 105450. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2022.105450>
10. Park J.J., Olawuyi I.F., Park G.D., Lee W.Y. Effects of gelling agents and sugar substitutes on the quality characteristics of carrot jelly. *Korean Journal of Food Preservation*. 2021; 28(4): 469–479. <https://doi.org/10.11002/kjfp.2021.28.4.469>
11. Le H., Wang X., Wei Y., Zhao Y., Zhang J., Zhang L. Making Polyol Gummies by 3D Printing: Effect of Polyols on 3D Printing Characteristics. *Foods*. 2022; 11(6): 874. <https://doi.org/10.3390/foods11060874>

12. Naknaen P., Itthisoponkul T. Characteristics of Cantaloupe Jams as Affected by Substitution of Sucrose with Xylitol. *International Journal of Fruit Science*. 2015; 15(4): 442–455.
<https://doi.org/10.1080/15538362.2015.1031433>
13. Ruiz-Ojeda F.J., Plaza-Díaz J., Sáez-Lara M.J., Gil A. Effects of Sweeteners on the Gut Microbiota: A Review of Experimental Studies and Clinical Trials. *Advances in Nutrition*. 2019; 10(S1): S31–S48.
<https://doi.org/10.1093/advances/nmy037>
14. Кондратьев Н.Б., Осипов М.В., Руденко О.С., Казанцев Е.В., Калинкина Е.С. Основные факторы формирования молекулярной структуры мармелада. *Пищевые системы*. 2021; 4(3): 172–179.
<https://doi.org/10.21323/2618-9771-2021-4-3-172-179>
15. Ismawati R., Romadhoni I.F., Nurul Q.T., Ratna S.T. Storability of Seaweed Jelly Candy based on Chemical, Physical and Microbiology Characteristics. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2019; 347: 012021.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/347/1/012021>
16. Benedek C. *et al.* Effect of sweeteners and storage on compositional and sensory properties of blackberry jams. *European Food Research and Technology*. 2020; 246(11): 2187–2204.
<https://doi.org/10.1007/s00217-020-03564-2>

ОБ АВТОРАХ

Егор Валерьевич Казанцев

научный сотрудник
ekazantsev@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8923-0029>

Николай Борисович Кондратьев

доктор технических наук, главный научный сотрудник
conditerprom_lab@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-332-9621>

Оксана Сергеевна Руденко

кандидат технических наук,
заместитель директора по научной работе
oxana0910@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-2436-4100>

Всероссийский научно-исследовательский институт кондитерской промышленности — филиал Федерального научного центра пищевых систем им. В.М. Горбатова Российской академии наук,
ул. Электrozаводская, 20, Москва, 107023, Россия

12. Naknaen P., Itthisoponkul T. Characteristics of Cantaloupe Jams as Affected by Substitution of Sucrose with Xylitol. *International Journal of Fruit Science*. 2015; 15(4): 442–455.
<https://doi.org/10.1080/15538362.2015.1031433>
13. Ruiz-Ojeda F.J., Plaza-Díaz J., Sáez-Lara M.J., Gil A. Effects of Sweeteners on the Gut Microbiota: A Review of Experimental Studies and Clinical Trials. *Advances in Nutrition*. 2019; 10(S1): S31–S48.
<https://doi.org/10.1093/advances/nmy037>
14. Kondratev N.B., Osipov M.V., Rudenko O.S., Kazantsev E.V., Kalinkina E.S. The main factors of marmalade molecular structure formation. *Food systems*. 2021; 4(3): 172–179 (In Russian).
<https://doi.org/10.21323/2618-9771-2021-4-3-172-179>
15. Ismawati R., Romadhoni I.F., Nurul Q.T., Ratna S.T. Storability of Seaweed Jelly Candy based on Chemical, Physical and Microbiology Characteristics. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2019; 347: 012021.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/347/1/012021>
16. Benedek C. *et al.* Effect of sweeteners and storage on compositional and sensory properties of blackberry jams. *European Food Research and Technology*. 2020; 246(11): 2187–2204.
<https://doi.org/10.1007/s00217-020-03564-2>

ABOUT THE AUTHORS

Egor Valerievich Kazantsev

Research Associate
ekazantsev@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8923-0029>

Nikolay Borisovich Kondratev

Doctor of Technical Sciences, Chief Scientific Officer
conditerprom_lab@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-332-9621>

Oxana Sergeevna Rudenko

Candidate of Technical Sciences,
Deputy Director for Scientific Work
oxana0910@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-2436-4100>

All-Russian Scientific Research Institute of Confectionery Industry — Branch of V.M. Gorbatoev Federal Scientific Center of Food Systems of the Russian Academy of Sciences
20 Elektrozavodskaya Str., Moscow, 107023, Russia

УДК 636.13/339.5.053.7

Научная статья

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-378-1-123-127

М.А. Политова

Всероссийский научно-исследовательский институт племенного дела, Пушкино, Московская обл., Россия

✉ Politova-marina@yandex.ru

Поступила в редакцию:
10.08.2023

Одобрена после рецензирования:
27.12.2023

Принята к публикации:
10.01.2024

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-378-1-123-127

Marina A. Politova

All-Russian Scientific Research Institute of Breeding, Pushkino, Moscow region, Russia

✉ Politova-marina@yandex.ru

Received by the editorial office:
10.08.2023

Accepted in revised:
27.12.2023

Accepted for publication:
10.01.2024

Состояние и перспективы внешнеэкономической деятельности в коневодстве Российской Федерации в 2015–2023 гг.

РЕЗЮМЕ

В статье рассмотрена динамика показателей экспорта и импорта продукции коневодства (в категории товара «Живые лошади») с 2015 по 2022 г. как в абсолютном, так и в денежном выражении, в том числе с учетом категорий — племенных и пользовательных животных. Впервые проанализирован внешнеэкономический торговый баланс отрасли коневодства в 2019–2022 гг., дана оценка перспектив отечественного и зарубежных рынков для продукции российских коневодческих хозяйств. Установлено, что экспортные потоки восточных регионов страны, и в первую очередь Забайкальского края, Республики Тыва, Алтайского края и Республики Алтай, ориентированы преимущественно на Республику Казахстан, что ставит товарные хозяйства по производству лошадей мясного направления продуктивности Сибирского Федерального округа в зависимость от политической конъюнктуры в Средней Азии и общего состояния ветеринарного благополучия региона. Введенный в составе пакета антироссийских санкций запрет на вывоз лошадей, отнесенных к категории люксовых товаров, из Европейского союза отразился на импорте племенных и пользовательных животных, существенно ограничив возможности отечественных потребителей, ориентированных на подготовленных лошадей. На повышение спроса продукции предприятий, занимающихся разведением лошадей верховых пород, может повлиять государственная программа развития коневодства в Республике Узбекистан.

Ключевые слова: коневодство, экспорт, импорт, торговый баланс, племенное коневодство, мясное коневодство

Для цитирования: Политова М.А. Состояние и перспективы внешнеэкономической деятельности в коневодстве в 2015–2023 гг. *Аграрная наука*. 2024; 378(1): 123–127.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-378-1-123-127>

© Политова М.А.

State and prospects of external economic activity in Russian horse breeding in 2015–2023

ABSTRACT

The article examines the dynamics of export and import indicators of horse breeding products (in the category of goods “Live horses”) from 2015 to 2022, both in absolute and monetary terms, including taking into account the categories of breeding and use animals. For the first time, the foreign trade balance of the horse breeding industry in 2019–2022 has been analyzed, and the prospects for domestic and foreign markets for the products of Russian horse breeding farms have been assessed. It has been established that the export flows of the eastern regions of the country, and primarily the Trans-Baikal Territory, the Republic of Tyva, the Altai Territory and the Altai Republic, are focused primarily on the Republic of Kazakhstan, which makes commercial farms for the production of horses for meat production in the Siberian Federal District dependent on the political situation in Central Asia and the general state of veterinary well-being of the region. The ban on the export of horses classified as luxury goods from the European Union, introduced as part of a package of anti-Russian sanctions, affected the import of breeding and use animals, significantly limiting the opportunities for domestic consumers focused on trained horses. The state program for the development of horse breeding in the Republic of Uzbekistan may influence the increase in demand for products from enterprises involved in breeding riding horses.

Key words: horse breeding, export, breeding, meat horse breeding

For citation: Politova M.A. State and prospects of external economic activity of horse breeding in Russian Federation in 2015–2023. *Agrarian science*. 2024; 378(1): 123–127 (In Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-378-1-123-127>

© Politova M.A.

Введение/Introduction

Определяя вектор аграрной политики в 2018 г., руководство Российской Федерации ставило амбициозную задачу к 2024 г. довести экспорт продукции АПК до 45 млрд долл. США в год¹.

В период действия приоритетного национально-го проекта «Развитие АПК» (2006–2007 гг.)² основным направлением аграрной политики было ускоренное развитие животноводства. В 2008 году он трансформировался в Государственную программу развития сельского хозяйства³, когда перед сектором ставилась задача обеспечения продовольственной безопасности, а с 2013 г. — импортозамещение и рост экспорта на мировые рынки.

Отрасль коневодства, несмотря на незначительный удельный вес в общем валовом объеме, характеризовалась умеренным ростом экспортной составляющей [1] на фоне заметной импортозависимости по ряду направлений использования лошадей (спортивные, скаковые и племенные). Поддержка экспорта и динамика курса национальной валюты благоприятствовали увеличению поставок лошадей за рубеж.

Изменившиеся в 2022 г. условия потребовали активизации импортозамещения [2–4], которое уже приобрело характер не вытеснения с рынка импортных аналогов товаров, а заполнения освободившихся ниш. В связи с этим актуальным представляется изучение состояния внешнеэкономической деятельности отрасли коневодства с выявлением основных точек возможного роста внутреннего рынка и препятствий, стоящих на пути решения задач развития национальной экономики

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Для оценки состояния внешнеэкономической деятельности в сфере коневодства были проанализированы данные Федеральной таможенной службы за 2015–2022 гг. в динамике, в частности общее поголовье лошадей, ввезенных и вывезенных из Российской Федерации за этот период, основные направления торговых потоков, определены средние цены, зарегистрированные в договорах купли-продажи по данным Федеральной таможенной службы (ФТС)⁴. Закрыв доступ в базу данных по внешнеэкономической деятельности (ВЭД) ФТС РФ с февраля 2022 г. обусловило ограниченный анализ данных 2022 г. — учтены результаты только за январь соответствующего года.

Кроме того, были приняты во внимание данные торгового партнера Российской Федерации — Республики Казахстан — на основании сведений Бюро национальной статистики Республики Казахстан⁵. При анализе структуры экспорта были учтены коды Товарной номенклатуры внешнеэкономической деятельности (ТН ВЭД)⁶: 0101 — Лошади живые; 010121 — Лошади живые: чистопородные племенные животные; 010129 — Лошади прочие.

Таблица 1. Сводные данные экспорта и импорта лошадей (код ТН ВЭД⁷ 0101) по Российской Федерации за 2015–2022 гг. по данным Федеральной таможенной службы

Table 1. Summary data on exports and imports of horses (TN VED code 0101) in Russian Federation for 2015–2022 according to the Federal Customs Service

Год	Импорт, гол.	Экспорт, гол.	Соотношение экспорта к импорту, %
2015	318	341	7,2
2016	538	295	-45,2
2017	563	577	2,5
2018	315	392	24,4
2019	431	2686	523,2
2020	553	6638	1100,4
2021	546	12005	2098,7
2022	42	608	1347,6
2015–2018	1734	1605	-7,4
2019–2021	1530	21329	1294,0

Результаты и обсуждение / Results and discussion

В предыдущий проанализированный период (2016–2018 гг.) трехлетний баланс импорта и экспорта лошадей в Российской Федерации был отрицательным [1]. В 2019–2021 гг. ситуация в корне изменилась: массовые поставки лошадей мясного направления использования из Сибирского федерального округа в Казахстан (партиями до 880 голов) привели к тому, что из преобладания импорта над экспортом (+12%) российское коневодство оказалось в позиции нетто-экспортера (за три года было вывезено почти в 14 раз больше лошадей, чем ввезено). Тот же тренд отмечается и при рассмотрении статистики более укрупненными периодами (2015–2018 и 2019–2022 гг.) (соответствующие данные представлены в табл. 1).

Анализ импорта в натуральном выражении за 2015–2022 гг. показал снижение только в 2018 г., когда произошло ослабление национальной российской валюты (рис. 1). Но уже в 2020 г. количество ввозимых лошадей вернулось к прежнему уровню, что наглядно

Таблица 1. Сводные данные экспорта и импорта лошадей (код ТН ВЭД⁷ 0101) по Российской Федерации за 2015–2022 гг. по данным Федеральной таможенной службы

Table 1. Summary data on exports and imports of horses (TN VED code 0101) in Russian Federation for 2015–2022 according to the Federal Customs Service

Год	Импорт, гол.	Экспорт, гол.	Соотношение экспорта к импорту, %
2015	318	341	7,2
2016	538	295	-45,2
2017	563	577	2,5
2018	315	392	24,4
2019	431	2686	523,2
2020	553	6638	1100,4
2021	546	12005	2098,7
2022	42	608	1347,6
2015–2018	1734	1605	-7,4
2019–2021	1530	21329	1294,0

¹ Указ Президента РФ от 7 мая 2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» (с изм. и доп.). Доступ по: <https://base.garant.ru/71937200/>

² <http://old.donland.ru/?pageid=98310>

³ <http://government.ru/rugovclassifier/815/events/>

⁴ База данных Федеральной таможенной службы. Доступ по: stat.customs.gov.ru

⁵ Бюро национальной статистики Республики Казахстан. Доступ по <https://stat.gov.kz/ru/>

⁶ Товарная номенклатура внешнеэкономической деятельности Содружества независимых государств (ТН ВЭД СНГ) (на основе 6-го издания Гармонизированной системы описания и кодирования товаров) https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_133442/

⁷ ОК 029-2014 (КДЕС Ред. 2). Общероссийский классификатор видов экономической деятельности (утв. Приказом Росстандарта от 31.01.2014 № 14-ст) (ред. от 22.09.2023).

Рис. 1. Динамика экспорта лошадей из России за 2015–2022 гг. по данным Федеральной таможенной службы

Fig. 1. Dynamic of export of horses from Russia for 2015–2022 according to the Federal Customs Service

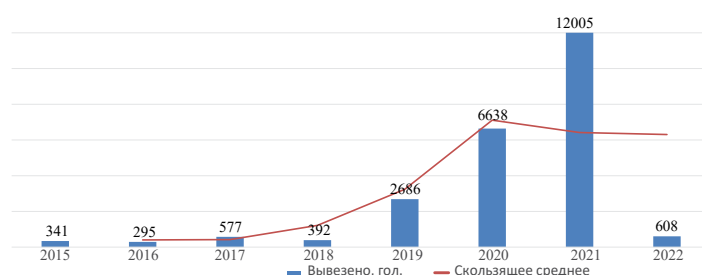


Таблица 2. Экспорт и импорт живых лошадей в январе 2019–2022 гг. по данным ФТС

Table 2. Export and import of live horses in January 2019–2022 according to the Federal Customs Service

Период	Импорт	Экспорт
январь 2019 г.	8	54
январь 2020 г.	6	235
январь 2021 г.	18	2700
январь 2022 г.	42	608

Таблица 3. Данные внешней торговли лошадьми Республики Казахстан по данным Бюро национальной статистики

Table 3. Data of foreign trade in horses of the Republic of Kazakhstan according to the Bureau of National Statistics⁶

Показатель	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	Среднее
Экспорт, гол.	653	341	264	861	529,8
Импорт племенных, гол.	1036	5156	1294	219	1926,3
Доля РФ в импорте племенных лошадей в денежном выражении, %	38,9	42,1	14,3	0	23,8
Импорт прочих, гол.	1999	14 056	11 482	18 752	11 572,3
Доля РФ в импорте неплеменных лошадей, %	100,0	38,0	58,8	37,5	58,6

характеризует естественную потребность сектора, которую до сих пор не были способны закрыть отечественные производители.

Скользящая средняя как показатель, отражающий среднее значение параметра за трехлетний период, позволяет охарактеризовать динамику экспорта как положительную.

В начале 2022 года, после одобрения VII пакета анти-российских санкций со стороны Евросоюза, официальный импорт из Европы практически прекратился: лошади были отнесены к товарам категории люкс, на вывоз которых наложен запрет⁸. Анализ данных о ввозе лошадей за январь по четырем годам показал, что в целом импорт, как и экспорт, демонстрировал тенденцию к росту (табл. 2).

Таким образом, сектор успешно справлялся с решением задачи по наращиванию экспорта в абсолютном выражении. Основным экспортером лошадей из России в последние годы является Республика Казахстан: в 2015–2022 г. на долю этого государства приходилось 83,9% вывезенных из страны живых лошадей, а в 2019–2022 гг. — 89,3%⁹ (табл. 3). За Казахстаном с большим отрывом

следуют Монголия (4,7% вывезенных в 2019–2022 гг. животных) и Кыргызстан (1,83%). Доля экспорта в остальные государства в натуральном выражении не превышает 1%.

В то время как экспорт лошадей из Казахстана осуществляется исключительно в соседний Узбекистан, в качестве импортера Россия занимает значительное, но не исключительное место: по данным аналитического портала внешней торговли РК¹⁰, на долю России в последние четыре года приходилось 35–38% ввоза (в денежном эквиваленте).

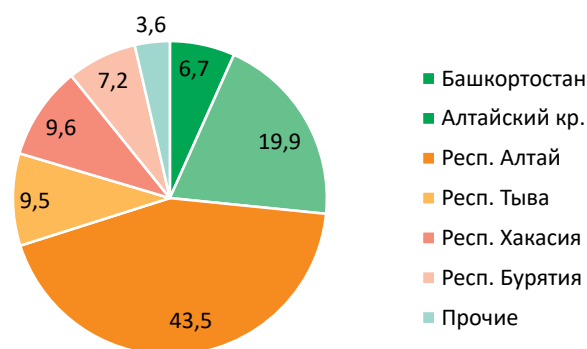
В 2022 году экспорт лошадей из России в Казахстан не сократился, причем все вывезенные лошади проходили по коду ТН ВЭД 010129 — Лошади прочие. Речь в данном случае шла о животных мясного направления продуктивности.

В денежном выражении на долю Республики Казахстан приходится 54,2% экспорта лошадей за последние четыре года — 3,5 млн долл., при этом 84,8% лошадей отправляются на экспорт из Сибирского федерального округа. Распределение основных поставок по регионам отправления в натуральном выражении представлено на рисунке 2.

Следует отметить, что наличие в лице Республики Казахстан преимущественного партнера по приобретению товарных лошадей из России ставит отечественных коневодов в уязвимое положение: изменение политической или ценовой конъюнктуры, ветеринарной ситуации может привести к закрытию этого канала сбыта и затовариванию российского рынка. Следует приложить большие усилия по расширению канала сбыта в Узбекистан, причем эта среднеазиатская республика может стать покупателем не только мясных, но и спортивных лошадей. Значительные усилия по развитию связей между конной сферой РФ и РУ прикладывает созданная в 2020 г. Евразийская ассоциация конного спорта¹¹, которая активизировалась после введения в 2022 г. Международной федерацией конного спорта FEI¹² запрета на выступление российских и белорусских спортсменов и лошадей на международных соревнованиях: активным участником ассоциации является Узбекистан.

Рис. 2. Доля поголовья, экспортированного в Казахстан за 2019–2021 гг., в натуральном выражении в разрезе по регионам России, %

Fig. 2. The share of livestock exported to Kazakhstan in 2019–2021, in kind by region of Russia, %



⁸ Annex XVIII to LI 87 /13 Council Regulation (EU) 2022/428 of 15 March 2022 amending Regulation N°833/2014. Доступ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32022R0428>

⁹ Бюро национальной статистики Республики Казахстан. Доступ по <https://stat.gov.kz/ru/>

¹⁰ Аналитический портал внешней торговли РК. Доступ по: <https://www.kdb.kz/analytics/analytical-portal-foreign-trade-of-the-RK/>

¹¹ Евразийская ассоциация конного спорта. Доступ по: <https://fksr.org/?page=38341834>

¹² fei.org Fédération Équestre Internationale, FEI

Если в 2016–2018 гг. между Российской Федерацией и Узбекистаном была зафиксирована разовая сделка по продаже двух лошадей, то с 2019 по 2021 г. в Узбекистан были вывезены уже 75 голов на общую сумму 110,5 тыс. долл.¹³

В целом за период, предшествующий введению пакета антироссийских санкций, предусматривающего запрет на вывоз в Россию лошадей, импорт лошадей в Российскую Федерацию оставался достаточно стабильным. В 2016–2018 гг. основными поставщиками лошадей в Россию являлись Абхазия, США, Великобритания и Ирландия (чистокровные лошади для использования в скачках), а также Германия и Нидерланды (лошади для использования в соревнованиях по классическим видам конного спорта), при этом значительная часть лошадей завозилась через Республику Беларусь.

В 2019–2022 гг. (2022 г. — за январь) в число стран — лидеров по поставке лошадей в Россию выдвинулись США (19,9% в натуральном выражении), за ними Германия (19,5%) и Нидерланды (14,4%). Закрытие вследствие антироссийских санкций прямого доступа на российский рынок важнейших государств — поставщиков спортивных лошадей привело к формированию определенного дефицита на рынке спортивных лошадей, что открывает дополнительный шанс для заводчиков верховых пород спортивного направления для продвижения своей продукции.

Импорт нарастал не только в номинальном, но и в денежном выражении: начиная с 2017 года общая стоимость ввозимых лошадей увеличивалась в среднем на 52% в год и к 2021 г. достигла 7,1 млн долл. Таким образом, в 2021 г. импорт в денежном выражении превышал экспорт в 2,1 раза (3,3 млн долл.).

В год, предшествующий введению санкций, активно занимались ввозом лошадей представители ипподромного (скакового и бегового) бизнеса, инвестируя значительные средства в покупку лошадей в США, Ирландии, Швеции, Франции. В то же время наблюдается заметный диспаритет цен на ввозимых и реализуемых за рубежом лошадей: даже племенные лошади вывозятся из России в среднем по более низким ценам, чем приобретаются за рубежом неплеменные (табл. 4).

В то же время в период существования Советского Союза в стране были организованы специальные экспортные конюшни [5], где проходили сбор и подготовка к продаже за рубеж групп лошадей, в том числе по отдельным породам, имеющим высокую ценность за рубежом.

Цены на лошадей, вывозимых из Российской Федерации в племенной категории, находятся на очень низком уровне. Как правило, это связано с реализацией за рубежом не прошедших подготовку к выступлениям или выранжированных из российских племенных хозяйств животных. Это позволяет отметить, что экспорт носит сырьевой характер. В то же время ввоз в страну лошадей по гораздо более высоким ценам, особенно с учетом транспортных и таможенных расходов, свидетельствует о наличии в России платежеспособного спроса, на удовлетворение которого должны быть мобилизованы силы отечественных коневодов.

Заметный потенциал для развития экспорта заложен в государственной программе развития коневодства,

Рис. 3. Динамика импорта лошадей в Российскую Федерацию за 2015–2022 гг. по данным Федеральной таможенной службы¹³
Fig. 3. Dynamics of horse imports to the Russian Federation for 2015–2022 according to the Federal Customs Service



Таблица 4. Характеристика поголовья экспортного и импортного поголовья в разрезе по товарным кодам (племенные/прочие)

Table 4. Characteristics of the livestock of export and import livestock in the context of commodity codes (pedigree/other)

Код/направление	Показатель	2019 г.	2020 г.	2021 г.	Среднее за три года
Племенные (импорт)	Кол-во, гол.	133	120	156	136,3
	Средняя цена, тыс. долл.	17,8	17,1	28,1	21,0
Племенные (экспорт)	Кол-во, гол.	260	428	613	433,7
	Средняя цена, тыс. долл.	1,7	0,7	1,2	1,2
Прочие (импорт)	Кол-во, гол.	298	433	390	373,7
	Средняя цена, тыс. долл.	3,9	6,4	7,1	5,8
Прочие (экспорт)	Кол-во, гол.	2426	6210	11392	6676,0
	Средняя цена, тыс. долл.	0,4	0,2	0,2	0,3

конного спорта, современного пятиборья и поло в Узбекистане¹⁴, предусматривающая, в частности, меры по увеличению поголовья племенных, спортивных и чистокровных лошадей, освобождение от налога на имущество, земельного налога и земельного налога на сельскохозяйственные угодья Федерации конного спорта республики и ее членов, освобождение от таможенных платежей спортивных лошадей и племенной продукции, создание пограничными войсками, национальной гвардией и МВД Узбекистана «новых и совершенствования принадлежащих им конноспортивных школ и клубов»¹⁵.

Однако существенным ограничением для реализации животных спортивного направления является отсутствие центров первичной подготовки (трендепо) [6, 7]. Введение подобных мер поддержки коневодства в России могло бы способствовать укреплению экспортного направления коневодства, не ограничивая его мясным направлением.

Повышение экспортного потенциала Российской Федерации в сфере животноводства (в частности, коневодства) в настоящее время находится в зависимости от решения ряда задач. Экспортная составляющая восточных регионов Российской Федерации построена фактически на одном торговом партнере — Республике Казахстан, что делает ее уязвимой и зависимой от политической конъюнктуры и ветеринарного благополучия.

¹³ База данных Федеральной таможенной службы (ФТС). Доступ по: <https://customs.gov.ru/folder/766>

¹⁴ Постановление Президента Республики Узбекистан о государственной программе развития коневодства, конного спорта, современного пятиборья и поло в Узбекистане до 2025 года. Доступ по: <https://lex.uz/ru/docs/5554870>

¹⁵ Постановление Президента Республики Узбекистан от 11.03.2021 № ПП-5024. Режим доступа по: <https://lex.uz/docs/5328175>

Ветеринарные службы субъектов Российской Федерации должны приложить все усилия по противодействию эпизоотиям, способным ограничить вывоз из регионов Сибирского федерального округа, чтобы не допустить затоваривания. Решение этих проблем позволит решить поставленную руководством страны задачу по наращиванию аграрного несырьевого экспорта, обеспечит реализацию отечественной продукции, рентабельность производства и рабочие места в сельской местности [8].

Выводы/Conclusion

Экспортный потенциал отечественного коневодства в значительной степени ограничивается товарными животными мясного направления, реализуемыми по низким ценам. С учетом специфики данного рынка повысить рентабельность мясного (табунного) коневодства можно путем совершенствования технологии кормления и содержания (откорма), а также за счет племенной

работы (например, использования вводного скрещивания с тяжеловозными породами для получения эффекта гетерозиса, а также селекции на повышение конверсии корма).

С учетом активного развития конного спорта в среднеазиатских республиках перед племенными предприятиями верхового направления и их объединениями (ассоциациями заводчиков) открываются новые перспективы сбыта, однако для выхода на новые рынки сбыта потребуется проведение маркетинговых исследований. Кроме того, им предлагается активно использовать государственные программы продвижения аграрной продукции¹⁶. В то же время перед ними встает задача восполнения дефицита спортивного молодняка, возникшего вследствие прекращения ввоза, что потребует расширенного воспроизводства и повышения эффективности племенной работы в направлении повышения работоспособности.

¹⁶ Паспорт федерального проекта «Экспорт продукции АПК». Режим доступа по: <https://mcx.gov.ru/ministry/departments/departament-informatsionnoy-politiki-i-spetsialnykh-proektov/industry-information/info-pasport-federalnogo-proekta-eksport-produktsii-apk/>

Автор несет ответственность за работу и представленные данные.
The author is responsible for the work and the submitted data.
The author is responsible for plagiarism.
The author declared no conflict of interest.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Политова М.А., Демин В.А. Перспективы развития экспорта продукции племенного коневодства Российской Федерации. Аграрная наука. 2019; (11–12): 43–45. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2019-333-10-43-45>
2. Карпова О.И., Суровнева К.А. Государственная финансовая поддержка экспорта продукции АПК. Естественно-гуманитарные исследования. 2023; (3): 297–302. <https://elibrary.ru/vklchl>
3. Семьяшкин Е.Г. Экспорт продукции АПК России: текущее развитие и тренды. Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2019; (4): 33–36. <https://doi.org/10.31442/0235-2494-2019-0-4-33-36>
4. Зинина О.В., Далисова Н.А. Потенциал и тенденции развития экспорта продукции АПК региона. Вестник Алтайской академии экономики и права. 2020; (8–2): 204–209. <https://doi.org/10.17513/vaael.1276>
5. Басалаева Е.В. Конные аукционы в России и за рубежом. М.: Аквариум. 2008; 144. ISBN 978-5-98435-981-8
6. Носкова М.В., Архилаева М.С. Экономические проблемы и перспективы развития коневодства в России. Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2009; (12): 98–103. <https://elibrary.ru/kwyfrb>
7. Ткачева И.В. Экономика спортивного коневодства. Зоотехническая наука Беларуси. 2016; 51(2): 310–318. <https://elibrary.ru/wkgzfv>
8. Политова М. Всё — на экспорт! Новое сельское хозяйство. 2018; (1): 11. <https://elibrary.ru/ynjhke>

ОБ АВТОРАХ

Марина Александровна Политова
кандидат сельскохозяйственных наук
politova-marina@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-1753-1716>

Всероссийский научно-исследовательский институт племенного дела,
ул. Ленина, 13, пос. Лесные Поляны, Пушкино, Московская обл.,
141212, Россия

REFERENCES

1. Politova M.A., Demin V.A. Prospects for the development of exports of horse breeding products of the Russian Federation. Agrarian science. 2019; (11–12): 43–45 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2019-333-10-43-45>
2. Karpova O.I., Surovneva K.A. Government financial support of agricultural export. Estestvenno-gumanitarnye issledovaniya. 2023; (3): 297–302 (In Russian). <https://elibrary.ru/vklchl>
3. Semyashkin E.G. Export of Russian AIC products: current development and trends. Economics of agricultural and processing enterprises. 2019; (4): 33–36 (In Russian). <https://doi.org/10.31442/0235-2494-2019-0-4-33-36>
4. Zinina O.V., Dalisova N.A. Potential and trends in the export of agricultural products in the region. Journal of Altai Academy of Economics and Law. 2020; (8–2): 204–209 (In Russian). <https://doi.org/10.17513/vaael.1276>
5. Basalaeva E.V. Horse auctions in Russia and abroad. Moscow: Akvarium. 2008; 144 (In Russian). ISBN 978-5-98435-981-8
6. Noskova M.V., Arhilaeva M.S. Economic problems and prospects for the development of horse breeding in Russia. Bulletin of Altai State Agricultural University. 2009; (12): 98–103 (In Russian). <https://elibrary.ru/kwyfrb>
7. Tkachova I.V. Economics of equestrian sport. Zootechnical Science of Belarus. 2016; 51(2): 310–318 (In Russian). <https://elibrary.ru/wkgzfv>
8. Politova M. Everything is for export! Novoe sel'skoe khozyaystvo. 2018; (1): 11 (In Russian). <https://elibrary.ru/ynjhke>

ABOUT THE AUTHORS

Marina Aleksandrovna Politova
Candidate of Agricultural Sciences
politova-marina@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-1753-1716>

All-Russian Scientific Research Institute of Breeding,
13 Lenin Str., Lesnye Polyany, Pushkino, Moscow Region, 141212,
Russia

ВЫСОКАЯ ЭНЕРГИЯ ■
ЗДОРОВОЕ ПИЩЕВАРЕНИЕ ■
РОСТ ПРОДУКТИВНОСТИ ■

ЭНЕРГО-УГЛЕВОДНЫЙ КОРМ «ТАНРЕМ» для сельскохозяйственных животных

Высококалорийный органический корм с насыщенным шоколадным вкусом и ароматом. Используется в качестве добавки к кормам основного рациона для крупного рогатого скота, коз, овец, свиней и молодняка.

Эффективно компенсирует потери энергии у животных в любых условиях (некомфортный температурный режим, период сухостоя и раздоя, стрессовые факторы).

В смеси с кормами основного рациона повышает их привлекательность, стимулирует выработку слюны, улучшает переваривание грубых кормов.

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ:

- способствует заметному росту показателей молочной и мясной продуктивности;
- благотворно влияет на вкусовые и товарные качества продукции;
- поддерживает здоровую микрофлору, профилактирует ацидозы и кетозы у жвачных;
- нормализует усвояемость протеина при большом количестве концентратов в рационах;
- повышает продуктивное долголетие животных;
- поддерживает работу сердечно-сосудистой системы;
- улучшает пищеварение и усвоение питательных веществ;
- сокращает расход кормов на единицу продукции.

СУТОЧНАЯ НОРМА РАСХОДА НА ГОЛОВУ В СУТКИ:

Сухостойные коровы 2-го периода	200–250 г
Новотельные коровы	500–1000 г
Период раздоя	500–1500 г
Середина лактации	500–1000 г

СОСТАВ:

легкоферментируемые углеводы (сахара), растительный жир, растительный протеин.

Обменная энергия: не менее 15.8 МДж/кг.

БЕЗОПАСНОСТЬ ПРОДУКТА:

продукт изготовлен из натуральных природных компонентов. Не содержит антибиотиков, стимуляторов роста, пальмового масла, гормональных препаратов и ГМО. Побочных явлений и осложнений при применении продукта не выявлено, противопоказаний не установлено.



8-800-200-3-888, 8-499-322-20-52
agrovit87 prok.ru



ДИАЛОГ

Международная премия
за развитие коммуникаций в сфере АПК

НОМИНАЦИИ

НАУЧНЫЕ КОММУНИКАЦИИ

по версии журнала «Аграрная наука» по итогам 2023 года

- Лучший научный коллектив по специальности «ветеринария»
- Лучший научный коллектив по специальности «зоотехния»
- Лучший научный коллектив по специальности «агрономия»
- Лучший научный коллектив по специальности «агроинженерия и пищевые технологии»
- Международное научное сотрудничество
- Педагог и наставник
- Молодой ученый

ДИАЛОГ ГОСУДАРСТВА И ОТРАСЛИ

МЕЖОТРАСЛЕВЫЕ КОММУНИКАЦИИ

БИЗНЕС-КОММУНИКАЦИИ

КОНГРЕССНО-ВЫСТАВОЧНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

ИНФОРМАЦИОННЫЕ КОММУНИКАЦИИ

Церемония награждения лауреатов

Дата: 24 января 2024 г.

Время: 12:30–13:00

Место: Форум №2, выставочный зал 14,
павильон №3 МВЦ «Крокус Экспо»

ПОДРОБНОСТИ



Организатор:

ИД «Аграрная наука»

Контакты:

Оргкомитет: + 7 (968) 934-91-42

Спонсорство, реклама: +7 (927) 155-08-10

agrovetpress@inbox.ru



**АГРАРНАЯ
НАУКА**
AGRARIAN
SCIENCE
ISSN 0869-8135 (Print)
ISSN 2686-701X (Online)



МНОГОЛЕТНИЕ КОРМОВЫЕ ТРАВОСМЕСИ

Отечественная
и импортная
селекция



- ✓ Долголетие
- ✓ Высокие посевные кондиции
- ✓ Повышенная адаптивность и устойчивость



**Качественное
научно-технологическое
сопровождение**

ПРИНОСИМ ПОЛЬЗУ БОЛЕЕ 10 ЛЕТ!

+7 (4862) 44-32-26 / +7 (919) 178-56-24



 **РЕГИОН
КОРМА**
ГРУППА КОМПАНИЙ

rkorma.ru

РЕКЛАМА